
DIPLOMARBEIT

Herr Ing.
Erhart Kurz

**Wirtschaftlichkeits-
berechnung einer
Hybridheizung gegenüber
einer Ölheizung**

Großhöflein, 2013

DIPLOMARBEIT

Wirtschaftlichkeits- berechnung einer Hybridheizung gegenüber einer Ölheizung

Autor:
Herr Ing.

Erhart Kurz

Studiengang:
Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:
KW08w2NA

Erstprüfer:
Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling

Zweitprüfer:
Prof. Mag. Erich Greistorfer

Einreichung:
Mittweida, November 2013

Verteidigung/Bewertung:
Wiener Neustadt, 2013

DIPLOMA THESIS

Economy calculation of a hybrid heating compared to a oil heating system

author:

Mr. Ing.

Erhart Kurz

course of studies:

industrial engineering and management

seminar group:

KW08w2NA

first examiner:

Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling

second examiner:

Prof. Mag. Erich Greistorfer

submission:

Mittweida, November 2013

defence/evaluation:

Wiener Neustadt, 2013

Bibliografische Beschreibung:

Ing. Kurz Erhart:

Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Hybridheizung gegenüber einer Ölheizung. - 2013. - 10, 90, 10 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2013

Referat:

Ziel der Diplomarbeit ist es, in einem Einfamilienhaus eine moderne Zentralheizung anzuschaffen. Angesichts des aktuellen Trends der Energieeinsparung und der steigenden Brennstoffkosten wird es immer wichtiger, kosten- und energieeffiziente Heizungen einzusetzen. Es werden zwei Varianten technisch und finanzmathematisch untersucht. Zum Schluss sollen die Ergebnisse analysiert, interpretiert und den Besitzern des Einfamilienhauses präsentiert werden.

Inhalt

Inhalt.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Grundlegendes.....	1
1.2 Zielsetzung.....	1
2 Die theoretischen Grundlagen der Diplomarbeit.....	3
2.1 Technik.....	3
2.1.1 Heizungen.....	3
2.1.1.1 Die Ölheizung ist der Klassiker im Heizungsbau.....	4
2.1.1.1.1 Ölheizungen in herkömmlicher Bauweise (Heizwert).....	5
2.1.1.1.2 Moderne Brennwertheizungen.....	6
2.1.1.2 Wärmepumpen sind nicht mehr zu bremsen.....	8
2.1.1.2.1 Funktion.....	8
2.1.1.2.2 Betriebsarten.....	10
2.1.1.2.3 Erdwärmepumpe.....	11
2.1.1.2.4 Grundwasserwärmepumpe.....	12
2.1.1.2.5 Luftwärmepumpe.....	13
2.1.2 Die verschiedenen Abgabesysteme zur Gebäudeheizung.....	14
2.1.2.1 Heizkörper als einfachste Installationsmöglichkeit.....	16
2.1.2.2 Fußbodenheizungen für maximale Effizienz.....	19
2.1.2.3 Wandheizungen als sinnvolle Alternative.....	22
2.1.3 Die Hybridheizung wird mit einer Photovoltaikanlage kombiniert.....	25
2.1.3.1 Die Energiequelle Sonne.....	25
2.1.3.2 Globalstrahlung.....	26
2.1.3.3 Bestrahlungsstärke.....	27
2.1.3.4 Jahres- und Tagesverlauf.....	28

2.1.3.5	Ausrichtung der Photovoltaikmodule	28
2.1.3.6	Der Aufbau eines Photovoltaikmoduls	30
2.2	Die Einordnung in die Betriebswirtschaftslehre	32
2.2.1	Die Investitionsrechnung dient als eine Entscheidungsgrundlage	33
2.2.1.1	Grundlagen zu den Investitionsrechnungen	33
2.2.1.1.1	Der Begriff Investition	33
2.2.1.1.2	Vorteilhaftigkeit von Investitionen	36
2.2.1.1.3	Investitionen als Entscheidungsproblem	37
2.2.1.1.4	Phasen des Entscheidungsprozesses	39
2.2.1.1.5	Verfahren der Investitionsrechnungen	41
2.2.1.1.6	Die Festlegung des Kalkulationszinssatzes	43
2.2.2	Statische Verfahren	44
2.2.2.1	Gewinnvergleichsrechnung	45
2.2.2.2	Kostenvergleichsrechnung	49
2.2.2.3	Renditevergleichsrechnung	50
2.2.2.4	Amortisationsrechnung	50
2.2.3	Dynamische Investitionsverfahren	53
2.2.3.1	Kapitalwertmethode	54
2.2.3.2	Interne Zinsfußmethode	58
2.2.3.2.1	Die grafische Methode	59
2.2.3.2.2	Arithmetische Methode	60
2.2.3.3	Annuitätenmethode	61
2.2.3.3.1	Verrentung einer heutigen Zahlung	62
2.2.3.3.2	Verrentung einer späteren Zahlung	63
3	Die praktische Anwendung der Diplomarbeit	65
3.1	Anwendungsfall	65
3.1.1	Sanierungsobjekt	65
3.1.2	Abgabesystem	66
3.1.3	Vorhandene Infrastruktur	68
3.1.4	Bauliche Gegebenheiten	69
3.1.5	Umweltschutzauflagen	70
3.2	Anwenden der Investitionsrechnungen auf mehrere Fälle	71

3.2.1	Der Öl- und Strompreis entwickelt sich nach Durchschnittswerten.....	72
3.2.1.1	Ermittlung mittels Amortisationsrechnung	74
3.2.1.2	Berechnung mit der internen Zinsfußmethode	76
3.2.2	Der Ölpreis sinkt gegenüber dem Strompreis	79
3.2.2.1	Ermittlung mittels Amortisationsrechnung	79
3.2.2.2	Berechnung mit der internen Zinsfußmethode	79
3.2.3	Der Ölpreis steigt gegenüber dem Strompreis	81
3.2.3.1	Ermittlung mittels Amortisationsrechnung	81
3.2.3.2	Berechnung mit der internen Zinsfußmethode	81
3.3	Marktpotenzial	83
3.3.1	Installierte Ölheizungen, Stand 2011/12	83
3.3.2	Installierte Wärmepumpen in Österreich, Stand 2011/12.....	84
3.3.3	Mögliche Entwicklungen in den nächsten Jahren	85
4	Fazit.....	87
4.1	Entscheidung nach wirtschaftlichen Aspekten	87
4.1.1	Entscheidung nach der statischen Methode	87
4.1.2	Entscheidung mittels interner Zinsfußberechnung.....	88
4.2	Entscheidung nach persönlichen Aspekten	89
4.3	Entscheidung nach Umweltaspekten	90
5	Schlussbemerkung.....	91
	Literatur.....	93
	Anlagen.....	1
	Selbstständigkeitserklärung.....	7

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzip einer Zentralheizung	3
Abbildung 2: Bestandteile einer Ölheizung.....	6
Abbildung 3: Prinzip einer Ölbrennwert Heizung im Vergleich	7
Abbildung 4: Wärmepumpen-Heisanlage	8
Abbildung 5: Kreisprozess einer Wärmepumpe	9
Abbildung 6: Bivalente Heizung, Beispiel Warmwasserspeicher	11
Abbildung 7: Erdwärmepumpe mit horizontalem Flächenkollektor.....	12
Abbildung 8: Grundwasserwärmepumpe mit zwei Brunnen.....	13
Abbildung 9: Luftwärmepumpe mit externem Luftwärmetauscher	14
Abbildung 10: Untere Verteilung.....	15
Abbildung 11: Obere Verteilung	16
Abbildung 12: Wärmeübertragung mittels Konvektion	17
Abbildung 13: Zweilagiger Plattenheizkörper mit Lamellen.....	18
Abbildung 14: Niedertemperatur-Heizkörper mit Ventilatorunterstützung	18
Abbildung 15: Der Aufbau einer Fußbodenheizung im Überblick.....	20
Abbildung 16: bifilare Verlegung mittels Widerhaken	21
Abbildung 17: mäanderförmige Verlegung mit Noppenbahn.....	22
Abbildung 18: Wandheizung mit Lehm verputzt	24
Abbildung 19: Solarkonstante.....	26
Abbildung 20: Globalstrahlung	27

Abbildung 43: Energieeinsatz im privaten Haushalt.....	84
Abbildung 44: Anteile der Energieträger im privaten Haushalt.....	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Informationen für zwei konkurrierende Projekte	47
Tabelle 2: Lösung zum Beispiel.....	48
Tabelle 3: Berechnete Daten zu Kap. 3.2.1.....	78
Tabelle 4: Parameter zu Kap. 3.2.1.....	78
Tabelle 5: Berechnete Daten zu Kap. 3.2.2.....	80
Tabelle 6: Parameter zu Kap. 3.2.2.....	80
Tabelle 7: Berechnete Daten zu Kap. 3.2.3.....	82
Tabelle 8: Parameter zu Kap. 3.2.3.....	82

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
a	Jahr
AbF	Abzinsungsfaktor
AfA	jährlicher Abschreibungsbetrag
AuF	Aufzinsungsfaktor
ca.	circa
COP	Coefficient of Performance
cm	Zentimeter
C _t	Cashflow zum Zeitpunkt t
d. h.	das heißt
DCF	Discounted Cash Flow
DIN	Deutsche Industrie Norm
DSF	Diskontierungsfaktor
e	Leistungszahl
E	Erlöse
ebd.	Ebenda
el.	elektrisch
EL	extra leicht
ES	extra schwer
EWf	Endwertfaktor
g	Beträge
G	Gewinn
GvZ	Gewinn vor Zinsen
i	Kalkulationszinsfuß
I	Investition
i _e	Kalkulationszinssatz Eigenfinanzierung
i _f	Kalkulationszinssatz Fremdfinanzierung
i.e.S.	im eigentlichen Sinne
IZF	interner Zinsfuß
I ₀	Investitionsbetrag zum Zeitpunkt 0
KE	Kapitaleinsatz
K _f	fixe Gesamtkosten

kg	Kilogramm
K_{gesamt}	Gesamtkosten
K_n	Endwert
kv	durchschnittliche variable Stückkosten
kW	Kilowatt
KW	Kapitalwert
KWF	Kapitalwiedergewinnungsfaktor
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunden pro Jahr
kWh/m ²	Kilowattstunde pro Quadratmeter
kWh/m ² a	Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr
K_0	Barwert
K_I	Gesamtkosten Variante I
K_{II}	Gesamtkosten Variante II
L	leicht
L_T	Restwert am Ende der Nutzungsdauer
m	Meter
m ²	Quadratmeter
M	mittel
mg	Milligramm
mm	Millimeter
MWh	Megawattstunde
Mwst.	Mehrwertsteuer
n	voraussichtliche Nutzungsdauer
o.ä	oder ähnliches
PV	Photovoltaik
r	interner Zinssatz
$Rent_A$	Rentabilität Investition A
$Rent_B$	Rentabilität Investition B
RVF	Restwertverteilungsfaktor
RW	Restwert
S	schwer
T	Nutzungsdauer
t	Zeitpunkt
u.a.	unter anderem

vgl.	Vergleiche
WNA	Wärmenutzungsanlage
WP	Wärmepumpe
WQA	Wärmequellenanlage
W/m ²	Watt pro Quadratmeter
x	durchschnittlich produzierte Menge
z	Risikozuschlag

1 Einleitung

1.1 Grundlegendes

Im Heizungssektor gibt es verschiedene Heizsysteme, welche verschiedene Vor- und Nachteile besitzen. Die Entwicklungen sind in den letzten Jahren massiv vorangegangen und verändern sich noch weiter. Dies ist einerseits bedingt durch effektivere Bauweisen, aber auch durch sich stets verändernde Preise der diversen Heizmittel wie Holz, Erdgas, Heizöl oder elektrischer Strom.

Früher wie heute steht der Hausbesitzer vor der Frage, welches Heizsystem für ihn in Frage kommt. Einerseits soll dieses leistbar und andererseits auch zukunftssicher sein. Darunter fällt eine moderate Steigung des Heizmaterialpreises, eine einfache und kostengünstige Wartung sowie eine lange Lebensdauer der gewählten Heizung.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, für ein bestehendes Gebäude, welches im Bereich der Heizungstechnik saniert werden muss, zwei verschiedene Heizarten gegenüberzustellen und diese im Bereich Technik und im Bereich Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Das primäre Ziel ist, die wirtschaftlichste Heizart zu ermitteln. Als sekundäre Ziele sind auch persönliche und umwelttechnische Aspekte zu berücksichtigen.

2 Die theoretischen Grundlagen der Diplomarbeit

2.1 Technik

2.1.1 Heizungen

Im heutigen Wohnbau kommt vor allem die moderne Zentralheizung als Wärmeversorgung zur Anwendung. Darunter versteht man ein System, in welchem das gesamte Gebäude mittels einer zentralen Heizstelle erwärmt wird. Als Trägermedium zwischen der Heizquelle und den Abgabesystemen (Radiatoren, Fußbodenheizung, o.ä.) wird Wasser verwendet. Dieses transportiert die Wärme von der Wärmequelle zum Abgabesystem des Gebäudes. Das Heizungswasser wird in einem geschlossenen Kreislauf geführt, d.h., das vorher erwärmte Wasser wird im abgekühlten Zustand wieder der Heizquelle zugeführt. Im gleichen Kreislaufsystem kann natürlich auch das Warmwasser für den täglichen Gebrauch aufgewärmt werden.

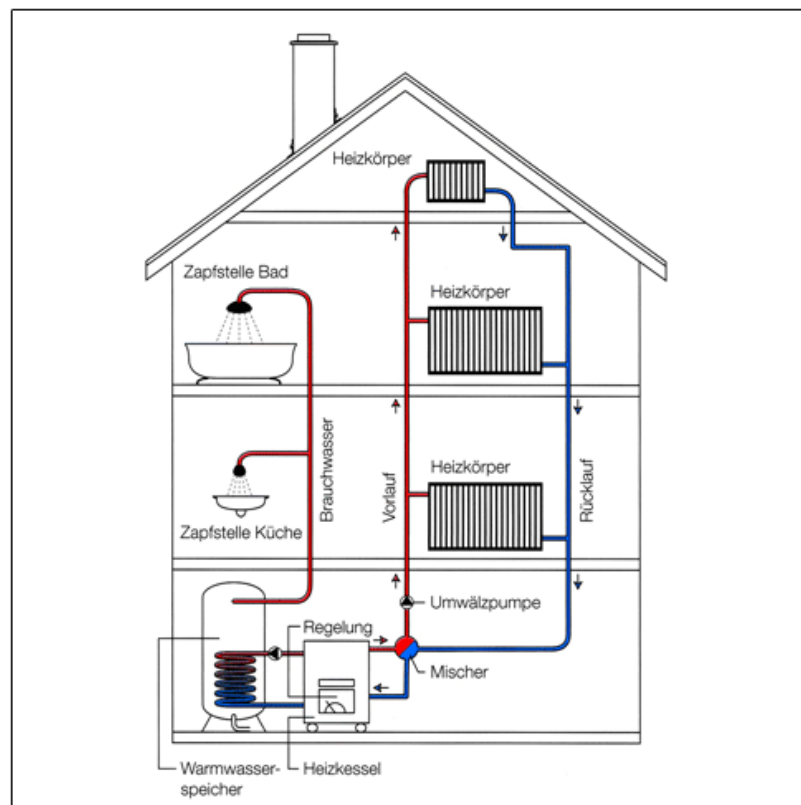


Abbildung 1: Prinzip einer Zentralheizung

Quelle: http://www.klb-klimaleichtblock.de/uploads/pics/Heizungskessel_01.png, 2013-11-12, 15:30.

2.1.1.1 Die Ölheizung ist der Klassiker im Heizungsbau

Unter einer Ölheizung versteht man Anlagen, die durch Verbrennung von Heizöl Wärme für Heizzwecke erzeugen können.¹ Rund 30 % aller privaten Heizungsanlagen werden heutzutage mit Heizöl betrieben. Entwickelt wurde die Ölheizung von der Firma Buderus in den 1920er Jahren. Die Blüte erreichte diese Heizform in den späten 70er und 80er Jahren. Damals waren die Energiekosten gegenüber heutigen Verhältnissen geradezu billig. Dies schlug sich auch in der damaligen Bauweise nieder. Gebäude aus dieser Epoche haben einen äußerst schlechten Dämmwert.

Heutzutage sind Ölheizungen, vom Marktanteil gesehen, immer noch die meistverwendete Heizform im privaten Haushalt. Dies ist vor allem auf den moderaten Anstieg der Heizkosten bzw. immer besser werdenden Dämmsysteme der zu beheizenden Gebäude zurückzuführen.

Der Brennstoff: Heizöl

Das Heizöl entsteht aus mineralischem Ursprung (Erdöl). Mittels Raffination des Erdöls wird die daraus gewonnene Mittelfraktion als Heizöl bzw. auch als Diesel verwendet.

Heizöl ist flüssig und besteht vor allem aus schwer entflammaren Anteilen des Erdöls. Die verschiedenen Heizölsorten werden vor allem nach der Viskosität und dem Schwefelgehalt unterschieden:

- Heizöl EL: extra leichtflüssig, zur Verwendung in kleinen Heizanlagen
- Heizöl EL schwefelarm: Wird für Brennwertheizungen benötigt, da ein geringer Schwefelanteil gegeben ist.
- Heizöl L: leichtflüssig, wird nur noch selten verwendet.
- Heizöl M: mittelflüssig, wird nur noch selten verwendet.
- Heizöl S: schwerflüssig, wird nur bei Großverbrauchern verheizt.
- Heizöl ES: extra schwerflüssig, wird nur noch selten verwendet.

Der Energiegehalt von 1 Liter Heizöl EL beträgt je nach Qualität ca. 10,7 kWh.

Die beiden Heizölsorten für den Hausgebrauch, Heizöl EL und Heizöl EL schwefelarm werden durch den Schwefelgehalt unterschieden. Heizöl EL darf nach der Norm DIN 51603.1 maximal 1000 mg/kg Schwefel enthalten, Heizöl EL schwefelarm maximal 50 mg/kg.

¹ vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Ölheizung>, 2013-11-12, 15:31.

Darüber hinaus kann das Heizöl je nach Anbieter noch mit diversen Additiven zur Geruchsüberdeckung oder zur Stabilisierung versehen sein.²

2.1.1.1.1 Ölheizungen in herkömmlicher Bauweise (Heizwert)

Eine Ölheizung ist ein Warmwasserheizsystem, welches als Zentralheizung dient und aus folgenden Komponenten besteht:

- Öltank
- Umwälzpumpe
- Heizkessel mit Ölbrenner

Vom Öltank gelangt das Heizöl in den Heizkessel, wo dieses anschließend verbrannt wird. Durch die Verbrennung entsteht Energie in Form von Wärme, welche mittels einem Wärmetauscher auf das Heizungswasser übertragen wird.³ Mit Hilfe der Umwälzpumpe wird dieses erwärmte Wasser durch das Rohrnetz zu dem vorliegenden Wärmeabgabesystem gepumpt, wo die Wärme schließlich an den Raum abgegeben wird. Abgekühlt gelangt das Heizungswasser wieder zurück in den Ölkessel und der Kreislauf ist geschlossen.

² vgl. <http://www.comoil.de/gut-zu-wissen/vom-erdoel-zum-heizoel.html>, 2012-01-31, 22:47.

³ vgl. <http://www.heizungsfinder.de/oelheizung/funktionsweise>, 2012-09-13, 17:55.

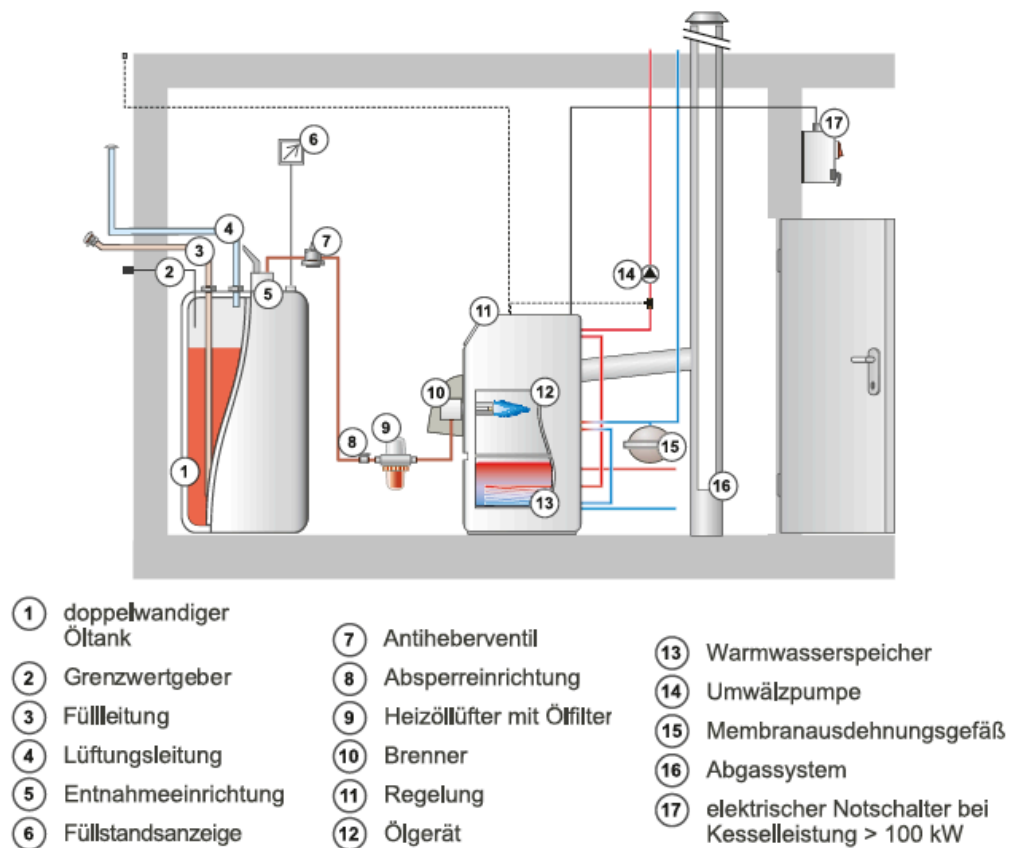


Abbildung 2: Bestandteile einer Ölheizung

Quelle: Institut für Wärme und Öltechnik (2012), S. 19.

2.1.1.1.2 Moderne Brennwertheizungen

Die Brennwert-Ölheizung zählt zu den effizienten Heiztechniken. Bei der konventionellen Ölheizung entweichen die heißen Abgase der Verbrennung ungenutzt durch den Schornstein, während bei der Brennwerttechnik das Abgas noch weiter gekühlt wird.⁴ Eine Effizienzsteigerung tritt vor allem durch die direkte Abkühlung des Abgases und noch mehr durch die Kondensation des im Abgasstroms enthaltenen Wasserdampfs auf. Dadurch gewinnt man pro Liter Heizöl mehr Wärme.

Dieser Wasserdampf entsteht durch die Verbrennung des Heizöls. Heizöl besteht chemisch gesehen aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Verbrennt man nun das Heizöl, reagieren diese Elemente mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoff. Dabei entsteht Kohlendioxid und Wasser. Dieses Wasser entweicht in Form von Dampf mit den anderen Verbrennungsprodukten in den Schornstein.

⁴ vgl. <http://www.iwo.de/fachwissen/oeltechnik/brennwerttechnik/>, 2012-09-14, 14:58.

Brennwertheizungen sind so konstruiert, dass man diesen Wasserdampf zu einem Großteil kondensieren kann und somit für die Raumwärme nutzbar macht. Um dies zu erreichen, muss der Wasserdampf unter die Taupunkttemperatur gekühlt werden. Die Taupunkttemperatur ist abhängig vom Wasserstoffgehalt des verwendeten Brennmaterials. Bei handelsüblichem Heizöl liegt diese Taupunkttemperatur bei ca. 50°C.⁵

Spezielle Erfordernisse stellt die Brennwerttechnik vor allem an den Schornstein. In diesen Schornstein muss ein spezielles Abgasrohr einzogen werden, da durch die Abkühlung des Abgases nicht nur der Wasserdampf kondensiert, sondern auch andere, bei der Verbrennung entstandene Verbindungen sich im Schornstein niederschlagen können. Daher muss dieses Abgasrohr feuchteunempfindlich und korrosionsbeständig sein. Je nach verwendeter Qualität des Heizöls kann ein typisches Nebenprodukt unter anderem schwefelige Säure sein.⁶

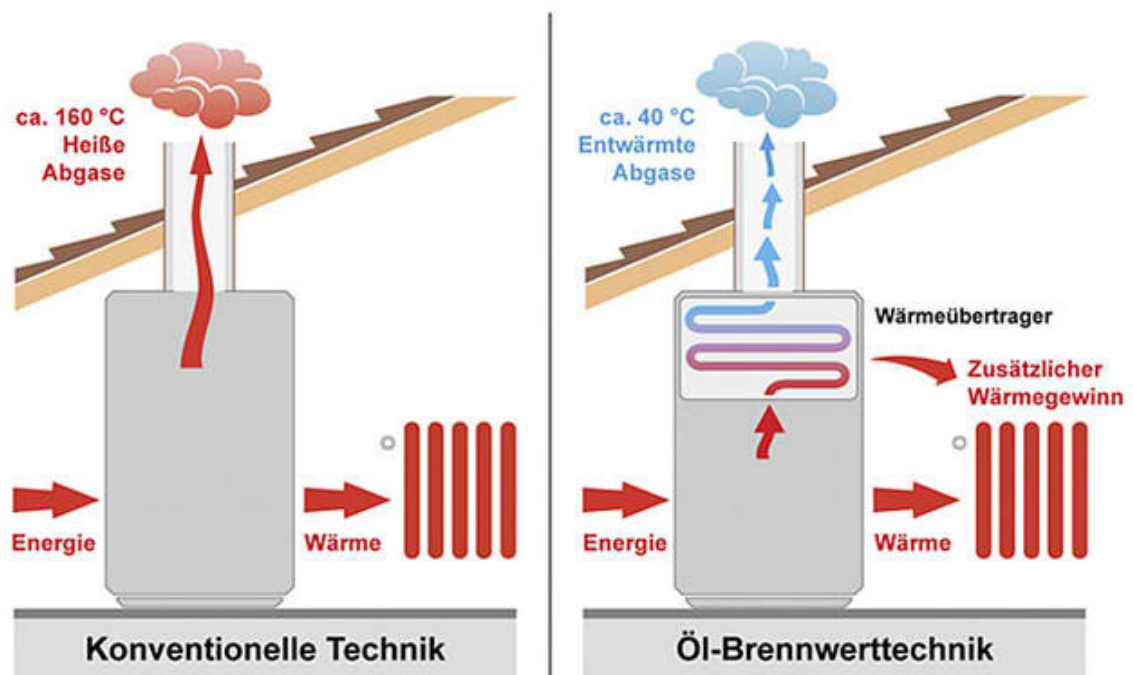


Abbildung 3: Prinzip einer Ölbrennwert Heizung im Vergleich

Quelle: <http://www.iwo.de/fachwissen/oeltechnik/brennwerttechnik/>, 2012-09-14, 16:16.

⁵ vgl. <http://www.iwo.de/fachwissen/oeltechnik/brennwerttechnik/>, 2012-09-14, 15:35.

⁶ vgl. ebd., 2012-09-14, 15:59.

2.1.1.2 Wärmepumpen sind nicht mehr zu bremsen

Große Potenziale von Abwärme, Umweltwärme und Erdwärme sind, von Ausnahmen abgesehen, überall verfügbar. Einziger Nachteil ist in der Regel das Temperaturniveau. Eine direkte Nutzung als Raumwärme kommt deshalb häufig nicht in Betracht. Mit einem motorisch angetriebenen Kreisprozess lässt sich dieses Manko beheben. Daher bildet die klassische Wärmepumpe eine Schlüsseltechnologie zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen.⁷

2.1.1.2.1 Funktion

Die Funktion der Wärmepumpe beruht darauf, dass man einen Stoff (Arbeits- oder Kältemittel) einem mechanisch oder thermisch angetriebenen Kreisprozess durchlaufen lässt und dadurch erreicht, dass die Wärme bei niedriger Temperatur aufgenommen und bei höherer Temperatur abgegeben wird.⁸

Die Wärmepumpen-Heisanlage besteht aus einer Wärmequellenanlage (WQA), der Wärmepumpe (WP) und der Wärmenutzungsanlage (WNA).⁹

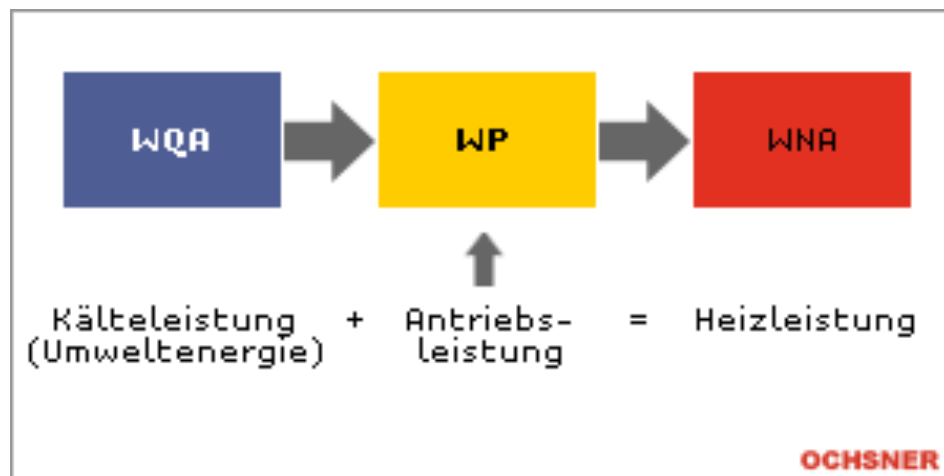


Abbildung 4: Wärmepumpen-Heisanlage

Quelle: http://www.ochsner.de/uploads/pics/RTEmagicC_WQA-WP-WNA.gif, 2013-11-12, 15:41.

⁷ vgl. Bundesamt für Energie (2008), S.3.

⁸ vgl. Held, Elmar; Das GC-Heizungshandbuch (2011), S. 192.

⁹ vgl. <http://www.ochsner.de/die-waermepumpe/funktionsweise/>, 2013-11-12, 15:41.

Leistungszahl:

$$e = \text{Heizleistung} / \text{Antriebsleistung} = (\text{Umweltenergie} + \text{Antriebsleistung}) / \text{Antriebsleistung}$$

Die Leistungszahl e gibt die abgegebene Heizleistung im Vergleich zur aufgewendeten Antriebsleistung an. Häufig wird statt dem Begriff „Leistungszahl“ auch die englische Bezeichnung „COP – coefficient of performance“ verwendet.

Eine Leistungszahl von 4 bedeutet daher, dass das Vierfache der eingesetzten elektrischen Leistung in nutzbare Wärmeleistung umgewandelt wird. Die Leistungszahl ist ein Momentanwert.

Die im Laufe einer gesamten Heizperiode gelieferte Nutzenergie im Verhältnis zu der zugeführten elektrischen Antriebsenergie ergibt die Jahresarbeitszahl (JAZ).

Der Temperaturhub bestimmt die Leistungszahl. Die Leistungszahl ist von der Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle und der Wärmeverteilung abhängig: Je geringer dieser „Temperaturhub“ ausfällt, um so wirtschaftlicher arbeitet jede Wärmepumpe. Daher ist die optimale Planung der Gesamtanlage so bedeutend.¹⁰

Als Arbeitsmedium wird ein Kältemittel verwendet. Diese verdampfen bei einer geringeren Temperatur als zum Beispiel Wasser und haben dabei trotzdem eine hohe Wärmekapazität. Je nach Anwendungsfall kommen verschiedene Kältemittel zum Einsatz. Heute typische Kältemittel sind unter anderem: R134a, R410A, Propan oder CO₂.

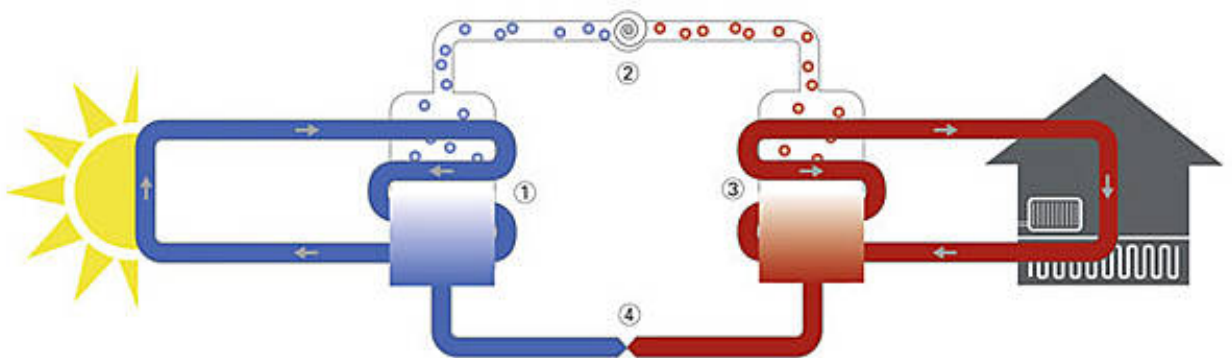


Abbildung 5: Kreisprozess einer Wärmepumpe

Quelle: <http://www.ochsner.de/typo3temp/pics/5ba1745259.jpg>, 2013-11-12, 15:42.

¹⁰ vgl. <http://www.ochsner.de/die-waermepumpe/funktionsweise/>, 2013-11-12, 15:43.

Der Ablauf des Kreisprozesses beschreibt sich wie folgt:

1. Ein abgekühltes, flüssiges Kältemittel wird zum Verdampfer transportiert. Durch das Temperaturgefälle zwischen diesem und der Umgebung kann Energie in das Kältemittel aufgenommen werden. Dadurch fängt dieses an zu verdampfen.
2. Im Verdichter wird das gasförmige Kältemittel komprimiert. Durch die adiabate Verdichtung erhöht sich mit dem Druck gleichzeitig die Temperatur des Mediums.
3. Im Verflüssiger wird die im Kältemittel gespeicherte Energie mittels eines Wärmetauschers in das Heizsystem übertragen. Dadurch kühlt das Kältemittel ab und kondensiert.
4. Das warme, flüssige Kältemittel wird mittels eingebautem Expansionsventil druckreduziert. Durch diese Druckverminderung nimmt auch die Temperatur ab, ohne dass Energie abgegeben wird.¹¹

2.1.1.2.2 Betriebsarten

Aus anlagentechnischer Sicht werden 2 Betriebsarten der Wärmepumpe unterschieden:

2.1.1.2.2.1 Monovalenter Heizbetrieb

Bei der monovalenten Betriebsweise wird die verbaute Wärmepumpe als alleiniger Wärmeerzeuger für das zu beheizende Gebäude eingesetzt. Die Heizung muss so dimensioniert sein, dass die benötigte Wärme auch im tiefsten Winter geliefert werden kann.

2.1.1.2.2.2 Bivalenter Heizbetrieb

Beim bivalenten Heizbetrieb ist die Wärmepumpe neben einer anderen Wärmequelle, wie einer Gasheizung, installiert. Je nach Außentemperatur und Effizienz kommt die zu diesem Zeitpunkt günstigere Heizung zum Einsatz. Es kann jedoch auch so eingestellt werden, dass man manuell zwischen den beiden Systemen wählen kann. Ein Vorteil des bivalenten Heizbetriebs ist eine doppelte Absicherung gegen Ausfälle, da man praktisch ein zweites Heizsystem „in Reserve“ hat.

¹¹ vgl. Held (2011), S. 192.

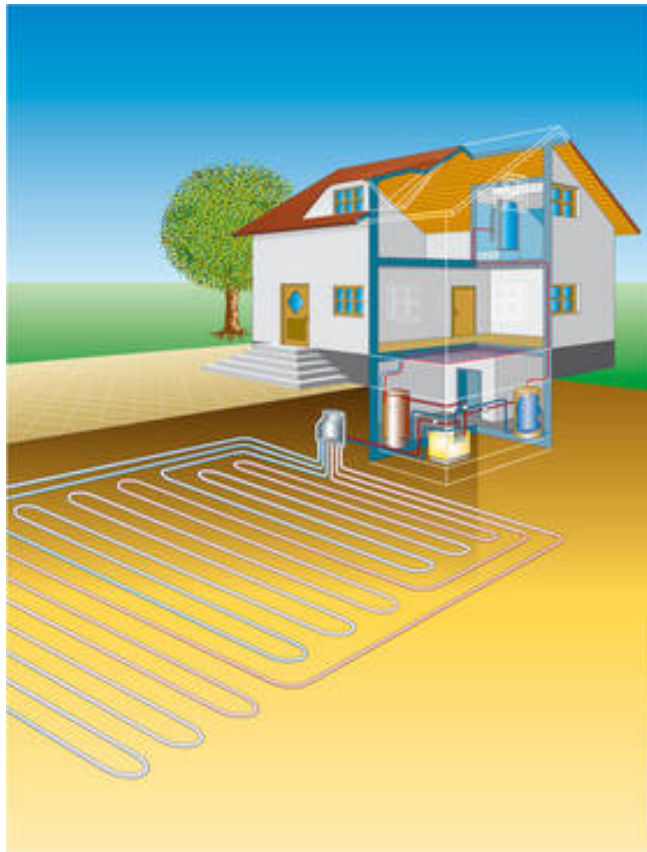


Abbildung 7: Erdwärmepumpe mit horizontalem Flächenkollektor

Quelle: <http://www.waermepumpe-austria.at/die-waermepumpe/waermepumpensysteme/>, 2013-11-12, 15:51.

2.1.1.2.4 Grundwasserwärmepumpe

Die Temperatur des Grundwassers ist ganzjährig relativ gleichmäßig und liegt zwischen $+8^{\circ}\text{C}$ und $+12^{\circ}\text{C}$. Ist das Vorkommen ausreichend, kann eine Brunnenbohrung vorgenommen werden. Dazu werden typischerweise 2 Brunnen hergestellt, aus einem wird das Wasser entnommen und durch den zweiten wird das Wasser zurückgeleitet (Schlürf- und Schluckbrunnen). Mittels Tauchpumpe wird das Grundwasser der Wärmepumpe zugeführt, um aus diesem die Umweltenergie zu beziehen. Abgekühlt wird dieses durch den Schluckbrunnen und in Folge wieder dem Erdreich zugeführt. Ein wichtiges Kriterium bei dieser Variante ist die Beschaffenheit des Grundwassers. Ist dies zu stark verunreinigt bzw. mit Schadstoffen belastet, kann dies die Wärmepumpe beeinträchtigen bzw. zerstören. Die durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen liegen zwischen 3,8 und über 5.¹³

¹³ vgl. <http://www.klima-innovativ.de/pages/technik.html>, 2013-01-20, 22:31.



Abbildung 8: Grundwasserwärmepumpe mit zwei Brunnen

Quelle: <http://www.waermepumpe-austria.at/die-waermepumpe/waermepumpensysteme/>, 2013-11-12, 15:53.

2.1.1.2.5 Luftwärmepumpe

Die Luftwärmepumpe entnimmt die Umweltenergie aus der Außenluft. Bis zu einer Temperatur von -15°C funktioniert dies sehr effizient, darunter wird meist ein Elektroheizstab hinzugeschaltet. Der Luft wird mittels einem Luftwärmetauscher mit Ventilatoren die Energie entzogen und der Wärmepumpe zugeführt. Luftwärmepumpen eignen sich aufgrund der einfacheren Installation auch für den nachträglichen Einbau in bereits bestehende Gebäude, wo die Verlegung eines Erdkollektors oder das Bohren eines Brunnens problematisch wären. Die durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen liegen zwischen 2,8 und 4,0.¹⁴

¹⁴ vgl. <http://www.klima-innovativ.de/pages/technik.html>, 2013-01-30, 22:49.

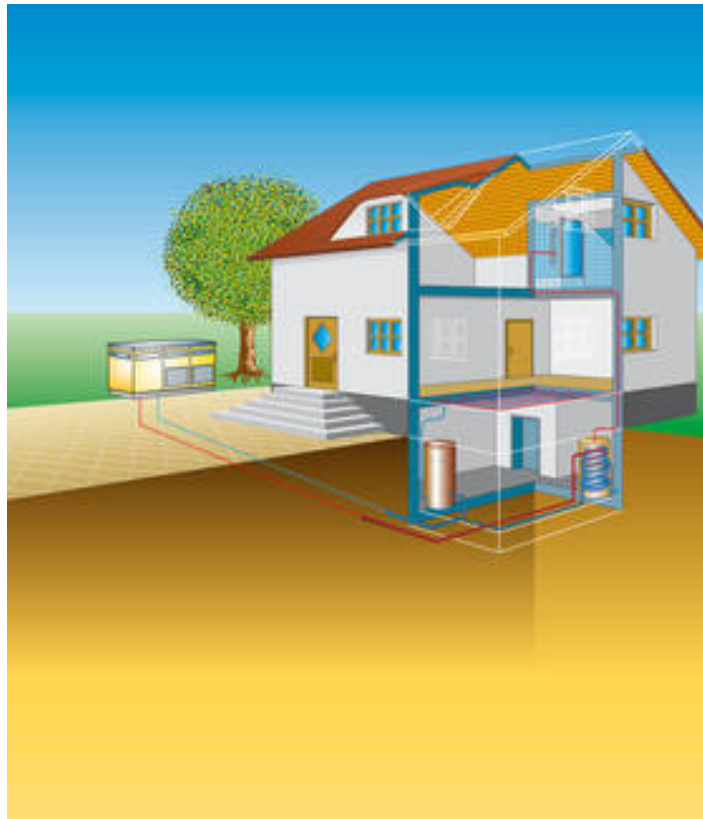


Abbildung 9: Luftwärmepumpe mit externem Luftwärmetauscher

Quelle: <http://www.waermepumpe-austria.at/die-waermepumpe/waermepumpensysteme/>, 2013-11-12, 15:53.

2.1.2 Die verschiedenen Abgabesysteme zur Gebäudeheizung

„Der Transport des Wärmeträgermediums (Wasser, Kühl- und Solarflüssigkeit) von einem Wärmeerzeuger (Ölkessel, Wärmepumpe) zu den Verbrauchern (Radiatoren, Fußbodenheizung) findet durch Rohrleitungen statt. Die Rohrleitungen in der Haustechnik bestehen aus den verschiedensten Werkstoffen. Je nach Anlagenart bzw. Anlagengröße wird ein Stahl-, Kupfer-, Edelstahl- oder Kunststoffrohr eingesetzt.

Heutzutage werden die Flüssigkeiten in den Anlagen der Wärme- und Kälteversorgung durch Umwälzpumpen in Bewegung gehalten.“¹⁵

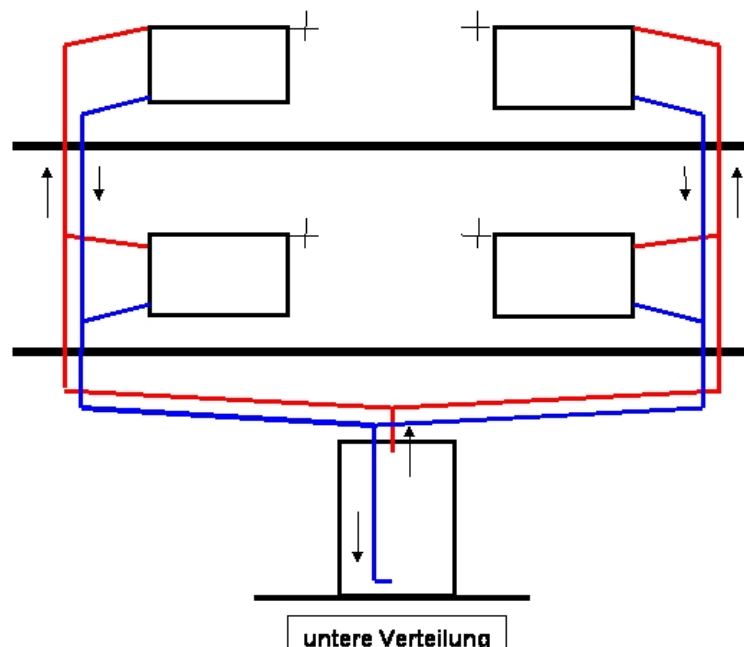
Beim heute verwendeten Zweirohrsystem werden die Verbraucher parallel zum Wärmeerzeuger angeschlossen, wobei sich im Dachgeschoss (obere Verteilung) oder im Kellergeschoss (untere Verteilung) die Vorlauf-Verteilungsleitungen befinden. Von ihnen aus ge-

¹⁵ www.bosy-online.de/Rohrsysteme-Haustechnik.htm, 2013-04-01, 17:31.

langt das Heizungswasser zu den jeweiligen Heizkörpern und über Rücklauf-Falleleitungen und –Sammelleitungen zurück zum Wärmeerzeuger.¹⁶

„Die obere Verteilung wurde in größeren Anlagen als Schwerkraftheizung konstruiert, das heißt ohne Umwälzpumpe, wobei der Nachteil darin besteht, dass das komplette Heizungswasser im Dachgeschoss verteilt wurde, welches zu unvermeidlichen Wärmeverlusten und damit zu einer höheren Vorlauftemperatur oder größeren Heizflächen führt.

Bei der unteren Verteilung werden Fall- und Steigleitungen parallel verlegt, wobei für die Stränge Entlüftungen vorgesehen werden müssen.“¹⁷



Bosy-online

Abbildung 10: Untere Verteilung

Quelle: http://www.bosy-online.de/Zweirohrheizung/untere_Verteilung-.jpg, 2012-04-01, 18:01.

¹⁶ vgl. www.baunetzwissen.de/glossarbegriffe/Heizung_Zweirohrsystem_46927.html, 2013-4-1, 18:45.

¹⁷ vgl. http://www.baunetzwissen.de/glossarbegriffe/Heizung_Zweirohrsystem_46927.html,
2013-04-01, 18:12.

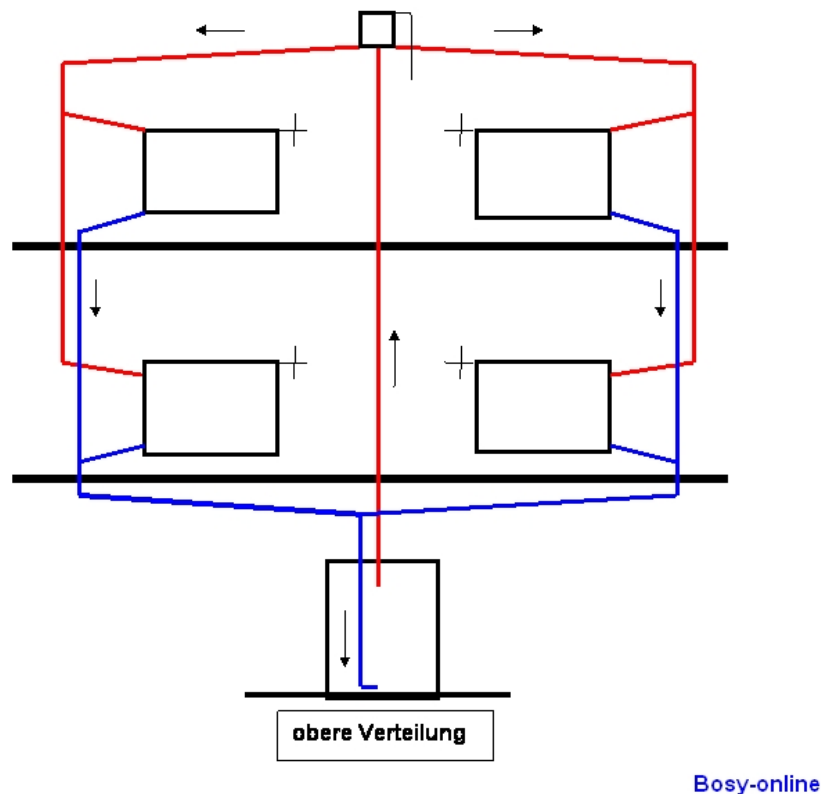


Abbildung 11: Obere Verteilung

Quelle: http://www.bosy-online.de/Zweirohrheizung/obere_Verteilung-.jpg, 2012-04-01, 18:05.

2.1.2.1 Heizkörper als einfachste Installationsmöglichkeit

Heizkörper werden je nach Bau- und Ersatzart auch Radiatoren, Konvektoren oder Heizleisten genannt und sind eine der häufigsten Wärmeübertrager im Haushalt. Es gibt sie in verschiedensten Ausführungen und Bauformen. Diese unterscheiden sich in der Art der Wärmeabgabe in den Raum.

Vom Wärmeerzeuger wird die Wärme in Form von Wasser über entsprechende Leitungssysteme an den Heizkörper übertragen. Die Temperaturabgabe an den Raum erfolgt mittels Konvektion oder Wärmestrahlung. Nachdem das heiße Wasser den Heizkörper durchströmt hat, wurde dessen Temperatur aufgrund der Wärmeübertragung an den Raum verringert und wird nun abgekühlt in den Heizkreislauf zurückgeführt.¹⁸

Die Größe eines Heizkörpers variiert mit der benötigten Wärmemenge für den zu beheizenden Raum und der Temperatur des Heizungswassers. Umso größer der zu beheizen-

¹⁸ vgl. <http://www.meineheizung.de/lexikon/heizkoerper>, 2013-04-01, 18:46.

de Raum ist, umso größer ist auch der Heizkörper zu dimensionieren. Umgekehrt dazu verhält sich dies mit der Vorlauftemperatur der Heizung: Umso höher die Temperatur des Wassers, umso kleiner kann der Radiator dimensioniert werden.

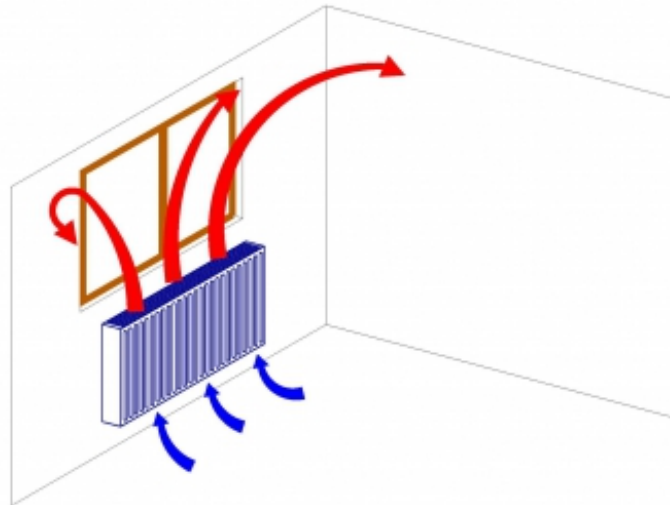


Abbildung 12: Wärmeübertragung mittels Konvektion

Quelle: <http://www.bau-nachhaltig.de/tycon/pic.php?imgid=2157>, 2013-04-01, 19:34.

Moderne Plattenheizkörper bestehen aus einem glatten oder profilierten Stahlblech, welche als Hohlkammern ausgebildet sind. Durch diese Hohlkammern fließt das Heizungswasser. Auf der Rückseite der einzelnen Platten können zur Erhöhung der Wärmeabgabe Konvektionsbleche angebracht werden. Zwei oder mehr Platten können zu einem Heizkörper verbunden werden. Man spricht dann von einem zwei- oder dreilagigen Plattenheizkörper.

Da die Wärmeleistung einer einzelnen Platte relativ gering ist, gibt es verschiedenste Bauformen. Diese variieren in der Bauhöhe, der Länge sowie der Anzahl der Platten und Lamellen.

Zusätzlich kann zur Leistungssteigerung eines Heizkörpers auch eine Zwangsbelüftung mittels Ventilatoren montiert werden. Diese Bauart wird gerade bei Heizsystemen im Niedrigtemperaturbereich immer öfter verwendet.¹⁹

¹⁹ vgl. <http://www.bosy-online.de/Heizflaechen.htm>, 2013-04-01, 20:55.



Abbildung 13: Zweilagiger Plattenheizkörper mit Lamellen

Quelle: <http://www.rabeneick-online.de/festpreisgarantie/images/ks21.jpg>, 2013-11-12, 16:01.



Abbildung 14: Niedertemperatur-Heizkörper mit Ventilatorunterstützung

Quelle: http://www.bosy-online.de/Ventilatorkonvektor/PowerkonNT_2.jpg, 2013-04-01, 21:55.

2.1.2.2 Fußbodenheizungen für maximale Effizienz

Die Fußbodenheizung ist heute im modernen Ein- und Mehrfamilienhaus die vorherrschende Wärmeabgabe. Aufgrund der niedrigeren Vorlauftemperaturen im Gegensatz zu den klassischen Radiatoren ist die Fußbodenheizung fast schon eine Grundvoraussetzung für Heizungsanlagen im Niedertemperaturbereich wie zum Beispiel Brennwertgeräte oder Wärmepumpen.

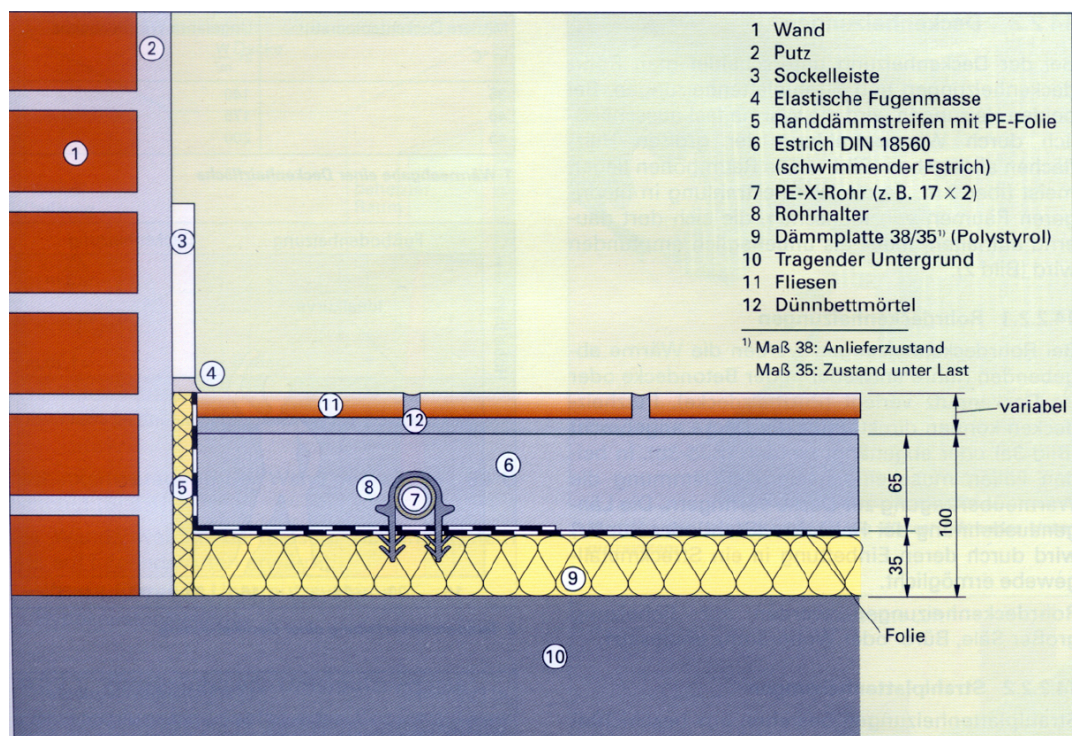
„Die wärmeübertragende Fläche bei der Fußbodenheizung ist allein die einheitlich ebene Fußbodenfläche. Daher sind für die Wärmeabgabe der Fußbodenheizung in den darüber liegenden Räumen nur die Oberflächentemperatur des Bodens und die der übrigen Umfassungsflächen maßgeblich: Bei gegebener mittlerer Oberflächentemperatur des Fußbodens hat ein spezieller Fußbodenaufbau keinen Einfluss auf die Wärmeleistung, wohl aber darauf, mit welcher Heizmitteltemperatur die zur gewünschten Wärmeabgabe notwendige mittlere Oberflächentemperatur erreicht werden kann.“²⁰

Bei den Flächenheizungen haben sich die Warmwasserfußbodenheizungen vor den elektrisch beheizten durchgesetzt. Eine Warmwasserfußbodenheizung ist immer so aufgebaut, dass im Boden die wasserdurchströmten Heizrohre eingebettet sind. Über den Rohren liegt eine Schicht Estrich mit zusätzlichem Bodenbelag. Unter den Heizungsrohren befindet sich eine Wärmedämmschicht sowie eine tragende Betondecke. Der Wärmefluss erfolgt derart, dass von den Heizrohren die Wärme durch Leitung nach oben bis zur Fußbodenoberfläche oder nach unten bis zur Deckenunterkante und danach durch Strahlung und Konvektion an die Umgebung übertragen wird.

Die Fußbodenheizung besteht aus mehreren Komponenten. Zum einen wäre das das Heizrohr, dieses ist zumeist aus Kunststoff bzw. Alu-Kunststoffverbund gefertigt. Aufgrund des kleinen Durchmessers (<20mm) und des für Fußbodenheizungen benötigten hohen Durchflusses ist die maximale Länge pro Strang auf 100m begrenzt. Bei einem Verlegeabstand von 10cm ergibt sich ein Bedarf von ca. 8-12m pro m². Dementsprechend kann man pro Strang zwischen 8 und 12m² abdecken. Ist der Raum, in welchem die Fußbodenheizung verlegt wird, größer oder werden mehrere Räume ausgerüstet, benötigt man einen oder mehrere Fußbodenheizungsverteiler. Je nach Ausführung können bis zu 12 Stränge an einem Verteiler zusammengefasst werden. Normalerweise wird pro zu instal-

²⁰ Held (2011), S. 171.

Auf dem tragenden Grund (Decke, Fundament) wird eine Dämm- oder Verlegeplatte aufgebracht. Diese besteht meistens aus ca. 30-35mm dickem Styropor. Auf dieser wird das Heizungsrohr fixiert. Um den im Anschluss erforderlichen Estrich schwimmend verlegen zu können, ist es notwendig, zu den Wänden einen sogenannten Randdämmstreifen anzubringen. Dieser und die Dämmplatte verhindern ein Verbinden des Estrichs mit dem Mauerwerk bzw. Rohbeton. Dies unterbindet Spannungsrisse, da sich der Estrich unabhängig des Mauerwerks ausdehnen kann.



Quelle: <http://www.schulungsstelle-traunstein.de/Energieberatung/background/images/fubodenheizungaufbau.jpg>,
2013-11-12, 16:02

20

Bei Trockensystemen liegen die Heizungsrohre in gefrästen Rillen der Basisplatten und sind vom Estrich durch eine Folie getrennt. Zur besseren Wärmeverteilung vom Rohr zum Estrich werden meistens Wärmeleitbleche eingearbeitet.

Die gebräuchlichsten Verlegearten sind die mäanderförmige (schlängelnd) oder die bifilare (schneckenförmige) Verlegung des Heizungsrohrs. Bei der mäanderförmigen Verlegung ist ein Temperaturunterschied im Fußboden vorhanden. Dies nutzt man vor allem dann, wenn ein Raum nur über eine Außenwand verfügt. Dabei wird die Vorlaufleitung zu dieser Wand gelegt und somit eine gleichmäßigere Temperierung bewirkt.

Bei der bifilaren Montage erreicht man eine gleichmäßige Durchwärmung des Fußbodens und wird bei Räumen mit keinen bzw. mehreren Außenwänden angewandt.²¹

Wichtig bei der richtigen Montage der Heizungsrohre ist auch der Verlegeabstand. Dieser sollte einem Bereich zwischen 7,5cm und 20cm liegen. Ist der Abstand größer, besteht die Gefahr der ungleichen Erwärmung und erhöhter Vorlauftemperatur des Heizungswassers. Dies kann zu Venenproblemen führen.



Abbildung 16: bifilare Verlegung mittels Widerhaken

Quelle: <http://www.herr-haustechnik.de/system/html/Fussbodenheizung%20Tacker-System3-4ab7e76a.jpg>,
2013-11-12, 16:04.

²¹vgl. Held (2011), S. 170.

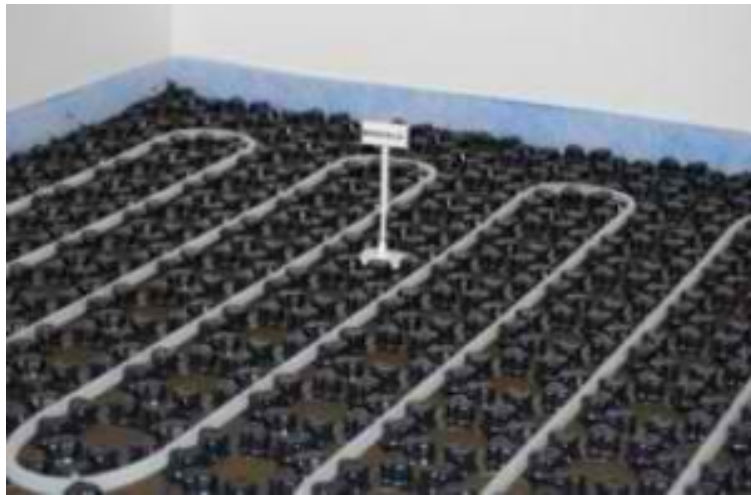


Abbildung 17: mäanderförmige Verlegung mit Noppenbahn

Quelle: http://www.baudochselbst.de/wp-content/uploads/2012/12/fussbodenheizung_duennschichtsystem_05-300x196.jpg, 2013-11-12, 16:05.

„Eine Flächenheizung kann in ihrer Funktion, im Winter zu heizen, auch umgekehrt werden, um im Sommer zu kühlen. Dadurch ergibt sich ein erweiterter Einsatzbereich, und die Fußbodenfläche wird doppelt genutzt. Besonders bei großen Glasflächen mit direkter Sonneneinstrahlung können im Sommer erhöhte Raumtemperaturen entstehen, die eine zusätzliche Kühlung sinnvoll erscheinen lassen. Mit einer Kühlleistung von ca. 25-50 W/m² wird die Behaglichkeit im Sommer erheblich verbessert, und zusätzliche Klimaanlage können kleiner dimensioniert werden. Zur Kälteerzeugung können alternative Energieträger, wie z.B. Erdreichwärmetauscher oder umstellbare Wärmepumpen sowie Kälteaggregate, dienen.“²²

2.1.2.3 Wandheizungen als sinnvolle Alternative

„Wandheizungen gab es schon vor Jahrhunderten, allerdings waren sie anders aufgebaut. Man baute eine Wand zweischalig auf und leitete die Rauchgase einer Feuerstätte hindurch. Auch Fußböden wurden und werden zum Teil heute noch in Fernost auf diese Art beheizt.

Ein beträchtlicher Teil der Raumumfassungsflächen besteht aus Wänden. Können diese Flächen für eine Beheizung eingesetzt werden, so steigt die Behaglichkeit und die Betriebstemperatur kann erheblich gesenkt werden. Das fördert den Einsatz alternativer Energien und der Brennwerttechnik.

²² Held (2011), S. 177.

Die Wärmeübertragung erfolgt überwiegend durch Strahlung. Dennoch gibt es auch konvektive Komponenten, die Luftzirkulation verursachen. An einer beheizten Wand steigt Warmluft auf, die an der gegenüberliegenden Wand wieder abfällt und über den Boden zurückströmt. Sind mehrere Wände beheizt, so gibt es Strömungen unterschiedlicher Intensität und Richtungen, die von der Zuordnung der Flächen, deren Größe und Oberflächentemperaturen abhängen.

An einer unbeheizten Außenwand fällt Kaltluft ab, deren Strömungsgeschwindigkeit um so intensiver ist, je schlechter die Wand wärmegeklämt ist. Mit zunehmender Raumhöhe steht für die Abkühlung der Luft eine größere Fläche zur Verfügung, daher wird die Strömung intensiver und die Luft kühler.

Personen geben in einem Raum von ihrer Körperoberfläche Wärme in Form von Konvektion an die Luft und in Form von Strahlung Wärme an die Raumumschließungsflächen ab. Wird eine der Flächen, wie bei der Wandheizung, höher temperiert, so gibt der Körper weniger Wärme in Form von Strahlung ab. Deshalb muss die überschüssige Körperwärme jetzt zum Ausgleich in Form von Konvektion an die Raumluft abgegeben werden. Somit darf bei gleicher Behaglichkeit die Lufttemperatur niedriger sein. Luft enthält bei niedrigerer Temperatur mehr Sauerstoff, das fördert zusätzlich die Gesundheit.²³

Ebenso wie bei der Fußbodenheizung ist die Rohrlänge maßgebend. In Bezug auf die Durchflussmenge und des Rohrquerschnitts ergeben sich druckverlustbedingt maximale Längen von bis zu 100m pro Strang. Werden mehrere Stränge benötigt, braucht man einen Wandheizungsverteiler. Bei diesem können über Ventile die einzelnen Stränge im Durchfluss angepasst werden.

Eine Montage erfolgt ähnlich der Fußbodenheizung. Es gibt hier ähnliche Systeme, diese werden nach der Fixierung an der Wand verputzt.

²³ <http://www.haustechnikdialog.de/SHKwissen/842/Wandheizung-Wandkuehlung>, 2013-08-01, 19:54.



Abbildung 18: Wandheizung mit Lehm verputzt

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Wallheating_pipes_partial_fettled.jpg, 2013-11-12, 16:06.

Allerdings hat die Wandheizung gegenüber der Fußbodenheizung auch ein paar Nachteile: Die erhöhte Wandtemperatur an Außenwänden sorgt für erheblich mehr Energieverluste, und das unabhängig vom Wärmedämmwert der Außenwand. Da der Wärmeabfluss direkt vom Temperaturunterschied zwischen außen und innen abhängt, wird der Wärmeverlust für die Alternative mit Wandheizung regelmäßig höher sein. Auch der durch die erhöhte Wandtrocknung bessere Wärmedämmwert kann dies nicht ausgleichen.

Die Wandheizung erfordert eine genaue Planung. Wichtig dabei sind die entsprechenden Stellflächen für Möbel etc., um in den entsprechenden Jahreszeiten den Wärmebedarf des Raumes abdecken zu können. Verstellen von Heizflächen macht das System träger (wie z.B. Teppich auf Fußbodenheizung). Außenwand-Anordnungen sind in dieser Hinsicht weniger empfindlich. Die Lage der Rohre sollte dokumentiert werden (Foto mit Messmaß); denn eine Beschädigung der Rohre durch z.B. einen Bildernagel kann zu Wasserschäden führen. Zur nachträglichen Feststellung gibt es auch temperaturabhängig

farbverändernde Folien, Metallsucher, etc., mit denen durch einfaches Auflegen auf die Wand die Rohrlage kontrolliert werden kann.²⁴

2.1.3 Die Hybridheizung wird mit einer Photovoltaikanlage kombiniert

„Als Photovoltaik bezeichnet man die direkte Umwandlung von Licht in elektrische Energie.“²⁵ Die Energiequelle ist in diesem Falle das Sonnenlicht, welches unbegrenzt zur Verfügung steht und diese Technologie somit sehr umweltfreundlich macht. Aufgrund der Bauart des Photovoltaikmoduls entstehen im Betrieb weder Lärm noch Schadstoffemissionen. Durch eine kombinierte Nutzung von Dächern und Fassaden kann auch zusätzlicher Platzbedarf vermieden werden.

2.1.3.1 Die Energiequelle Sonne

Die Sonnenstrahlung entsteht durch kontinuierliche Fusionsprozesse von Wasserstoffatomen hin zu Heliumatomen auf der Sonnenoberfläche (Photosphäre). Durch diese Reaktion werden auf der Sonnenoberfläche pro Stunde und Quadratmeter ca. 70.000 bis 80.000 kWh an Energie abgestrahlt. Aufgrund der großen Distanz der Erde zur Sonne erreicht nur ein kleiner Anteil dieser Energie die Erdoberfläche, dieser ist jedoch immer noch immens. Pro Jahr erreichen 1.500.000 Milliarden MWh den Außenrand der Erdatmosphäre, hochgerechnet auf den aktuellen Jahresenergieverbrauch der Menschheit ist dies um den Faktor 28.000 höher. Im Mittel beträgt die Energiedichte der Einstrahlung 1367 W/m^2 . Dieser Wert wird auch Solarkonstante genannt, da dieser Wert am Oberrand der Erdatmosphäre nur sehr gering schwankt. Durch die Erdatmosphäre wird dieser Strahlungsleistung jedoch auf ca. 1000 W/m^2 verringert. Dies wird vor allem durch Reflexionen hervorgerufen.²⁶

²⁴ vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Wandheizung>, 2013-08-13, 18:45.

²⁵ Brandstetter, Fink, Hackstock, Riva (2006), S. 6.

²⁶ vgl. ebd., S. 10.

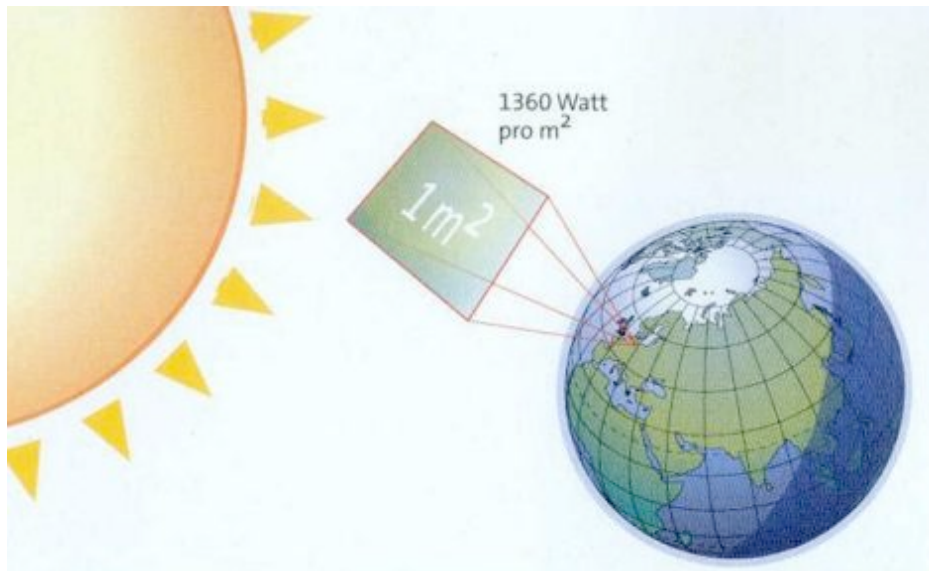


Abbildung 19: Solarkonstante

Quelle: <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=62>, 2011-06-12, 15:41.

2.1.3.2 Globalstrahlung

Die Strahlungsleistung, die auf die ebene Erde fällt, nennt man Globalstrahlung. Diese setzt sich aus folgendem zusammen:

Direkte Strahlung: Diese trifft ohne Ablenkung auf die Erdoberfläche.

Diffuse Strahlung: Hier wird die von der Sonne eintreffende Strahlung an Staubpartikeln oder Wassertropfen gestreut.

Je nach Tageszeit, Wetterlage und Verdunstung treffen auf die Erde zwischen 0 und 1000 W/m^2 Globalstrahlung. Der Anteil an diffusem Licht ist in Mitteleuropa typischerweise zwischen 40 und 60%.

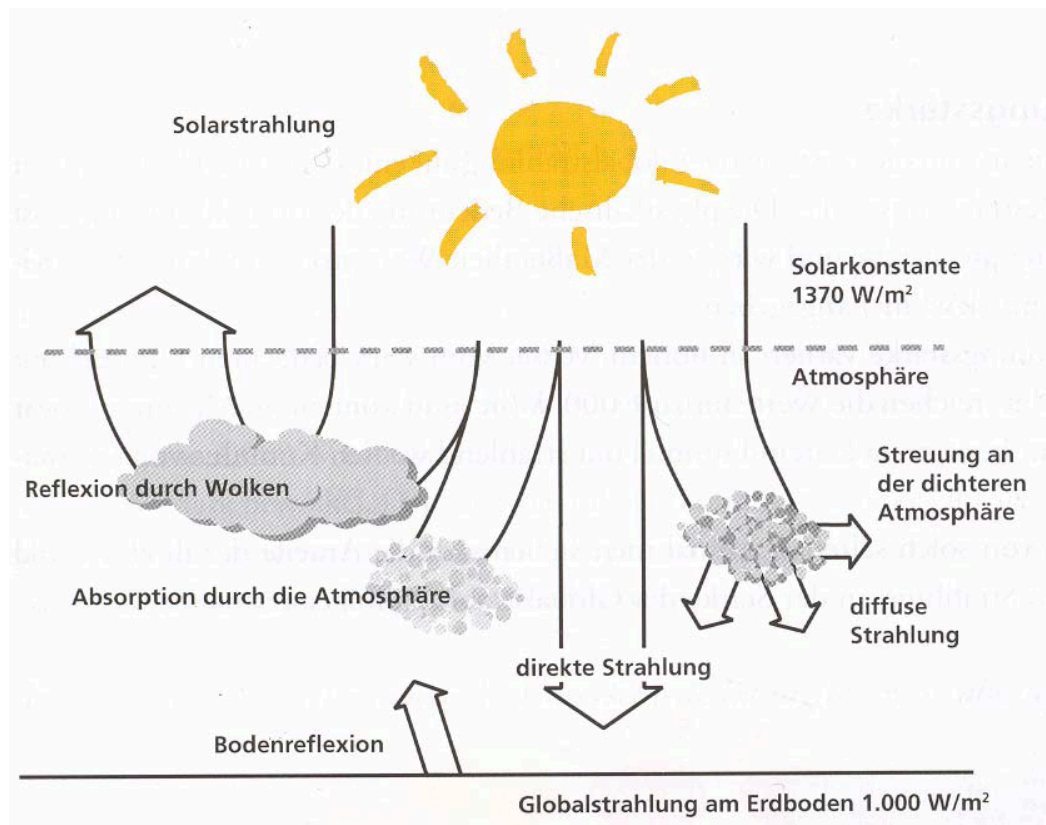


Abbildung 20: Globalstrahlung

Brandstetter, Fink, Hackstock, Riva: Ausbildungsskriptum Solarwärme (2006), S. 10.

2.1.3.3 Bestrahlungsstärke

Die Bestrahlungsstärke erklärt sich durch die Globalstrahlung, welche auf eine definierte Fläche trifft. Es handelt sich hierbei, physikalisch gesehen, um eine Leistung pro Fläche. Die Einheit der Bestrahlungsstärke ist mit W/m^2 angegeben. Die Bestrahlungsstärke hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab und kann von 50 W/m^2 bis 1200 W/m^2 in unseren Breitengraden am Tag variieren.

Abhängig vom Breitengrad, ergibt sich auf der Erde als Jahressumme der eingestrahnten Energie ein Wert von 800 bis 2200 kWh/m^2 . In Österreich sind diese Werte im Bereich zwischen 1000 und 1400 kWh/m^2 .²⁷

²⁷ vgl. Brandstetter, Fink, Hackstock, Riva (2006) S. 11.

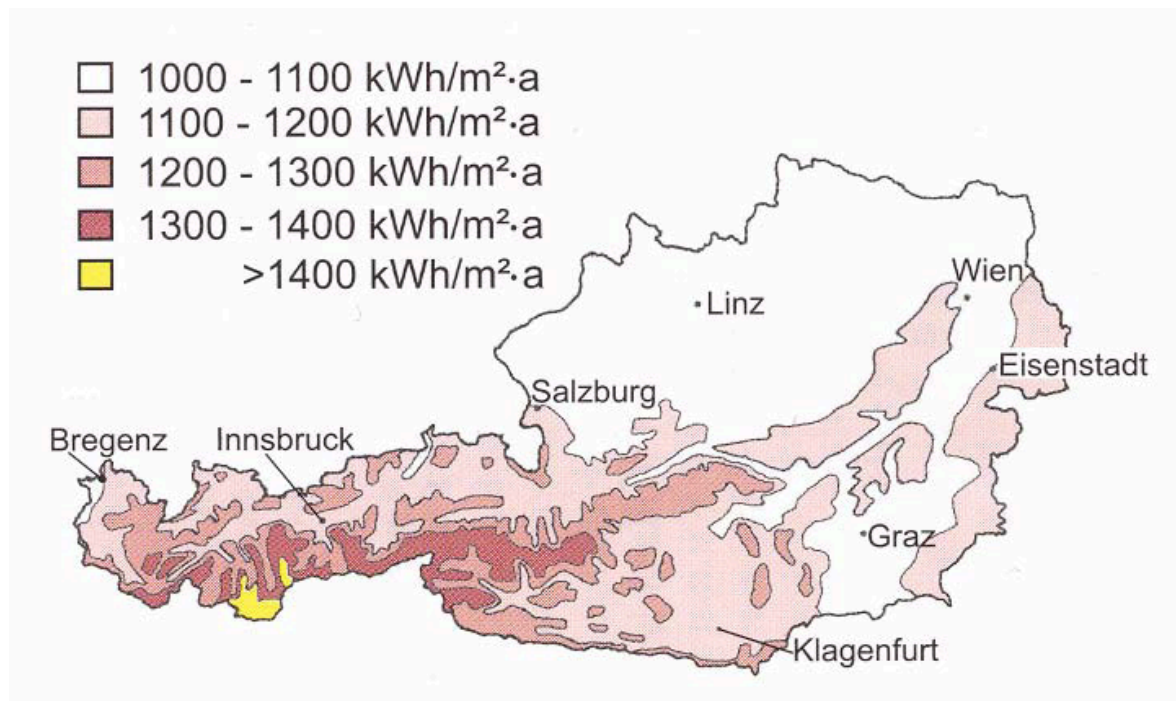


Abbildung 21: Bestrahlungsstärke in Österreich

Brandstetter, Fink, Hackstock, Riva: Ausbildungsskriptum Solarwärme (2006), S. 11.

2.1.3.4 Jahres- und Tagesverlauf

Abhängig von der geografischen Breite, der Tages- und Nachtzeit und dem Standort ist das Sonnenenergieangebot auf der Erde äußerst unterschiedlich. Durch die Neigung der Erdachse sind die Tage in unserem Gebiet im Sommer länger und im Winter kürzer. Dadurch schwankt natürlich der Sonnenertrag dementsprechend. Im Winter ist somit der Ertrag einer Photovoltaikanlage weniger, während im Sommer mit einem höheren Ertrag zu rechnen ist.

2.1.3.5 Ausrichtung der Photovoltaikmodule

Die Wirkung von Photovoltaikmodulen hängt von folgenden Faktoren maßgeblich ab:

- **Neigung der Fläche:** Die beste Wirkung einer Photovoltaikanlage ist dann erreicht, wenn das Licht im rechten Winkel auf die Photovoltaikzelle trifft. Da die Sonne jedoch im Tages- und Jahresverlauf ständig die Stellung variiert, muss man für den optimalen Neigungswinkel einen Mittelwert annehmen. Ein optimaler Neigungswinkel in unseren Breitengraden liegt zwischen 30 und 45°. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die PV-Module nicht von anderen Gebäuden, Objekten oder Bäumen verschattet werden.

- **Die Himmelsrichtung:** Da die Sonne im Süden ihren Höchststand erreicht, ist dies natürlich die bevorzugte Himmelsrichtung für die Photovoltaikanlage. Jedoch spielt dies für den Ertrag der Anlage eine geringere Rolle, als oft angenommen, da die Strahlung eben aus einem direkten und einem diffusen Anteil besteht.²⁸
- **Jahreszeit:** Wäre der Ertrag nur im Sommer von Belang (z.B. für den Betrieb für Strandhäuser), müsste ein niedriger Neigungswinkel gewählt werden, da die Sonne im Sommer sehr hoch steht. Anders verhält sich dies im Winter, da hier die Sonne niedriger steht, d.h., die Photovoltaikanlage müsste einen dementsprechend höheren Neigungswinkel vorweisen.²⁹
- **Verschattung:** Wird eine Solarzelle verschattet, so kann diese keinen Strom produzieren. Fließt aber durch eine einzige Zelle kein Strom mehr, so kann durch alle mit dieser Zelle verschalteten Zellen kein Strom mehr fließen. Dies wird auch Gartenschlaucheffect genannt. Wird ein Gartenschlauch an einer einzigen Stelle zusammengedrückt, kommt am Ende weniger Wasser heraus. Im Extremfall kann dieser Effekt sogar zur Zerstörung der Photovoltaikzelle durch Überhitzen führen. Grundsätzlich kann man zwischen zwei Verschattungen unterscheiden: Einerseits sind dies temporäre Verschattungen, die durch Schnee, Vogelkot oder Staub hervorgerufen werden können. Diese Verschmutzungen sind umso geringer, je besser die Selbstreinigung der Oberfläche funktioniert. Ab einer Neigung von 15° ist der Selbstreinigungseffekt durch Regen und Wind ausreichend, darunter muss man unter Umständen die Module händisch reinigen. Andererseits gibt es auch die dauerhaften Verschattungen, welche durch die Umgebung beziehungsweise durch Bestandteile des Gebäudes, auf dem die Photovoltaikanlage montiert ist, hervorgerufen werden können. Dies können benachbarte Häuser, Bäume, Schornsteine oder auch Satellitenschüsseln sein. Diese wirken sich ertragsmindernd aus.³⁰

²⁸ vgl. Antony, Dürschner, Remmers (2009), S. 229.

²⁹ vgl. Brandstetter, Fink, Hackstock, Riva (2006) S. 13.

³⁰ vgl. Antony, Dürschner, Remmers (2009), S. 219 ff.

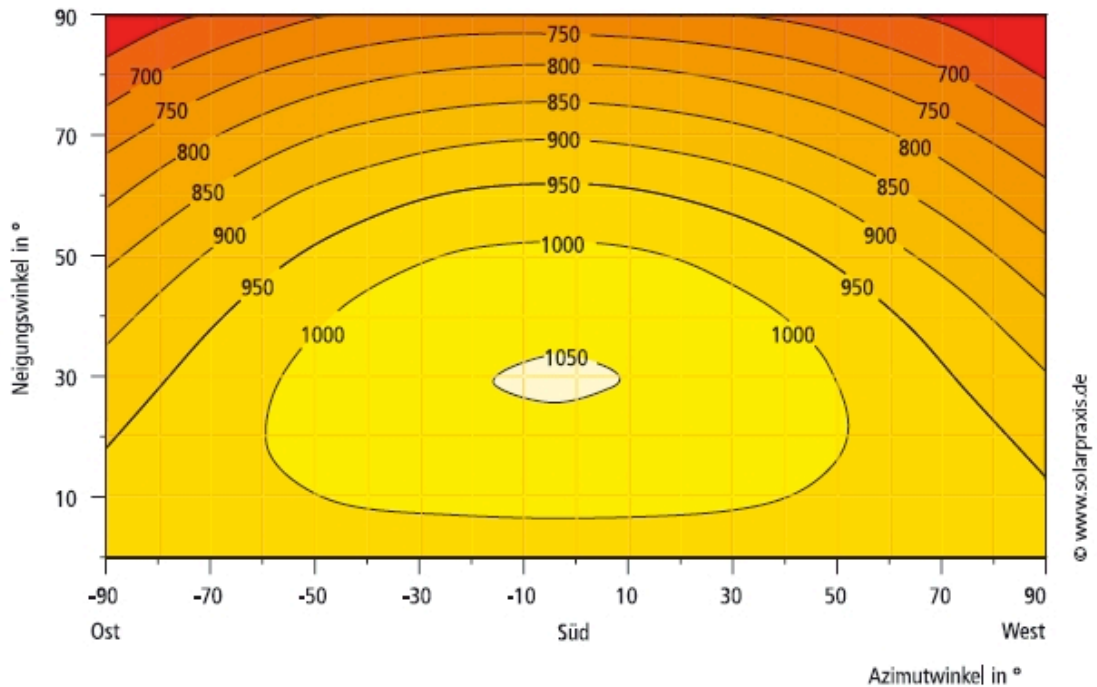


Abbildung 22: Abhängigkeit der Einstrahlung von Ausrichtung und Neigung der PV-Anlage

Quelle: Antony, Dürschner, Remmers: Photovoltaik für Profis (2009), S. 229.

2.1.3.6 Der Aufbau eines Photovoltaikmoduls

Ein Photovoltaikmodul besteht aus mehreren, miteinander verbundenen Solarzellen, einem Witterungsschutz aus Glas und Laminat sowie einem Überspannungsschutz. Um das Photovoltaikmodul einfach befestigen zu können, verfügen die meisten auch über einen Rahmen aus Aluminium.

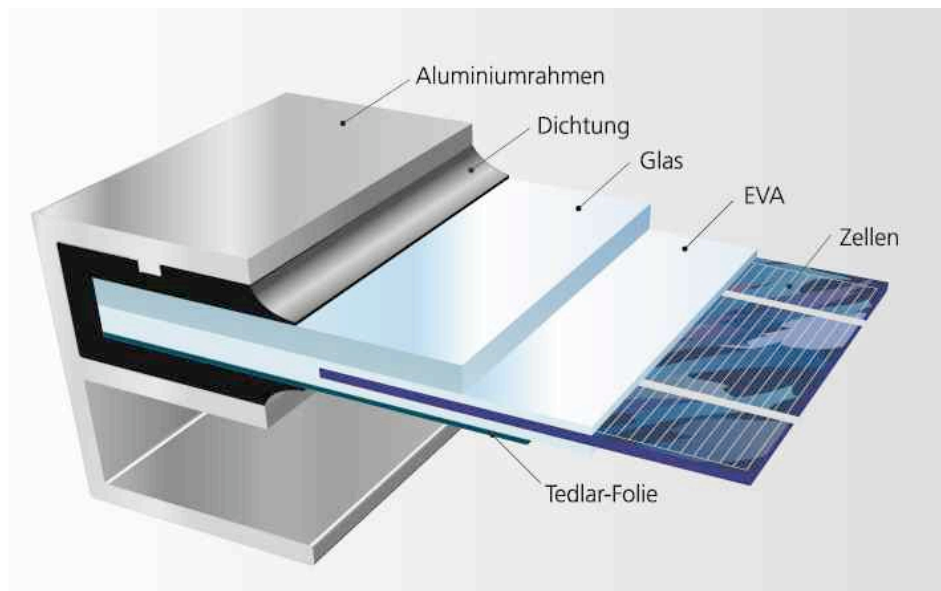


Abbildung 23: Aufbau einer Photovoltaikzelle

Quelle: http://www.renewable-energy-concepts.com/uploads/pics/Aufbau_Solarmodul.png, 2013-11-12, 16:17.

Bei der Modulerstellung werden mehrere Solarzellen miteinander verlötet. Die Anzahl verlöteter Zellen ergibt schlussendlich die Abmessungen eines Photovoltaikmoduls.

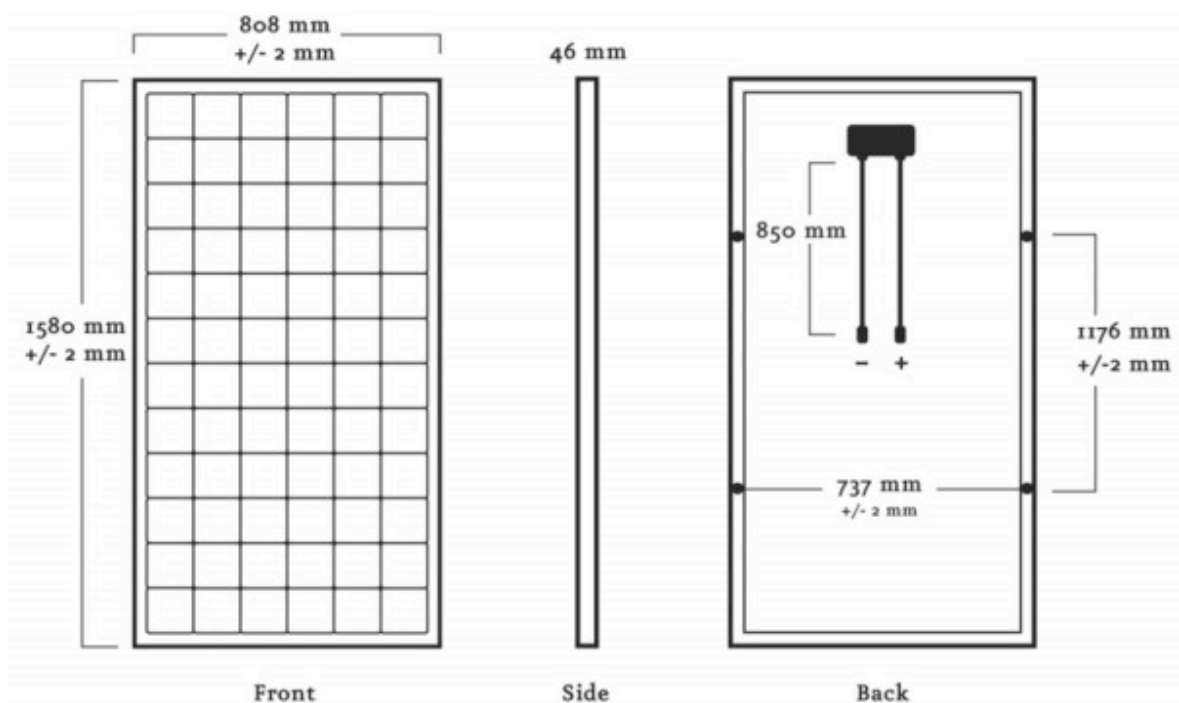


Abbildung 24: typische Abmessungen eines Photovoltaikmoduls

Quelle: Sig Solar: Sun Earth Produktbroschüre (2011), S.10.

Aktueller Stand der Technik: Dickschichtmodule

Dickschicht-Module werden aus Silizium hergestellt. Aus einem Silizium-Kristall werden Scheiben gesägt, weiter bearbeitet und in einem Laminat hinter einer Glasscheibe nebeneinander zu einem Modul verschaltet. Man unterscheidet monokristalline Module von polykristallinen Modulen. Wie die Bezeichnung bereits zum Ausdruck bringt, basieren monokristalline Zellen aus einem Kristall mit einem einheitlichen Kristallgitter, polykristalline Solarzellen bestehen hingegen aus vielen kleinen Kristallen. Die Herstellung von Kristallen mit einheitlicher Kristallstruktur ist aufwändiger, ermöglicht aber höhere Wirkungsgrade. Der Wirkungsgrad der Solarzellen ist temperaturabhängig und nimmt mit steigenden Temperaturen ab. Dickschichtmodule haben eine Lebensdauer von bis zu 30 Jahren. Der Wirkungsgrad (Degradation) nimmt in dieser Zeit immer mehr ab.³¹

2.2 Die Einordnung in die Betriebswirtschaftslehre

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung verschiedener Heizungsvarianten wird jeweils die statische und dynamische Investitionsrechnung herangezogen. Die Investitionsrechnung ist Teil der Finanzwirtschaft und gliedert sich wie folgt:

- Das Beschaffen von Geld: Finanzieren
- Das Verwenden von Geld: Investieren
- Das Erhalten von Liquidität: Finanzplanung

Aus diesen 3 Bereichen verfolgt die Finanzwirtschaft folgende Ziele:

- Liquidität
- Rentabilität
- Unabhängigkeit
- Sicherheit

Die Investitionsrechnung ist also ein Instrument der Finanzwirtschaft und hat als Ziel, das vorhandene Kapital bestmöglich zu verwenden. Dies ist die Grundlage, um am Markt be-

³¹ vgl. www.leosolar.de/indexmod.php?mod=3&modu=304, 3.6.2012-06-03, 23:34.

stehen zu können bzw. wettbewerbsfähig zu sein. Im privaten Sektor entspricht dies, das Ersparte bestmöglich einzusetzen und den maximalen persönlichen Vorteil aus der Entscheidung zu ermöglichen.

2.2.1 Die Investitionsrechnung dient als eine Entscheidungsgrundlage

2.2.1.1 Grundlagen zu den Investitionsrechnungen

Investitionsentscheidungen dienen als wertvolle Grundlagen, da diese fast immer mit einer langfristigen und dementsprechend hohen Kapitalbindung einhergehen. Die grundlegenden Ziele der Investitionsrechnung sind die genaue Überprüfung und Abwägung der einzelnen Investitionsmöglichkeiten zueinander.

Investitionen werden immer von Menschen getroffen und dies in der Absicht, die für einen persönlich beste Entscheidung zu treffen. Da es hierbei die Ziele des Einzelnen zu erfüllen gilt, gibt es wohl kaum einen zweiten Menschen, welcher die gleichen Zielsetzungen hätte. Dies ergibt sich vor allem daraus, dass es verschiedenste Interessen der Personen gibt: Einerseits wären dies quantifizierbare, wie zum Beispiel Gewinn oder Umsatz, oder nicht quantifizierbare Interessen wie Streben nach Ansehen oder Macht.³²

„Investitionsrechnungen sind Methoden, mit denen die erwarteten Konsequenzen von Investitionen in Bezug auf quantifizierbare Interessen beurteilt werden können.“³³

2.2.1.1.1 Der Begriff Investition

„Allgemein versteht man unter einer Investition das Anlegen von Geldmitteln in Anlagegüter. Dabei lassen sich verschiedene Arten von Investitionen unterscheiden.“³⁴

³² Vgl. Kruschwitz (2009), S.1.

³³ ebd.

³⁴ Däumler, Grabe (2007), S. 16.

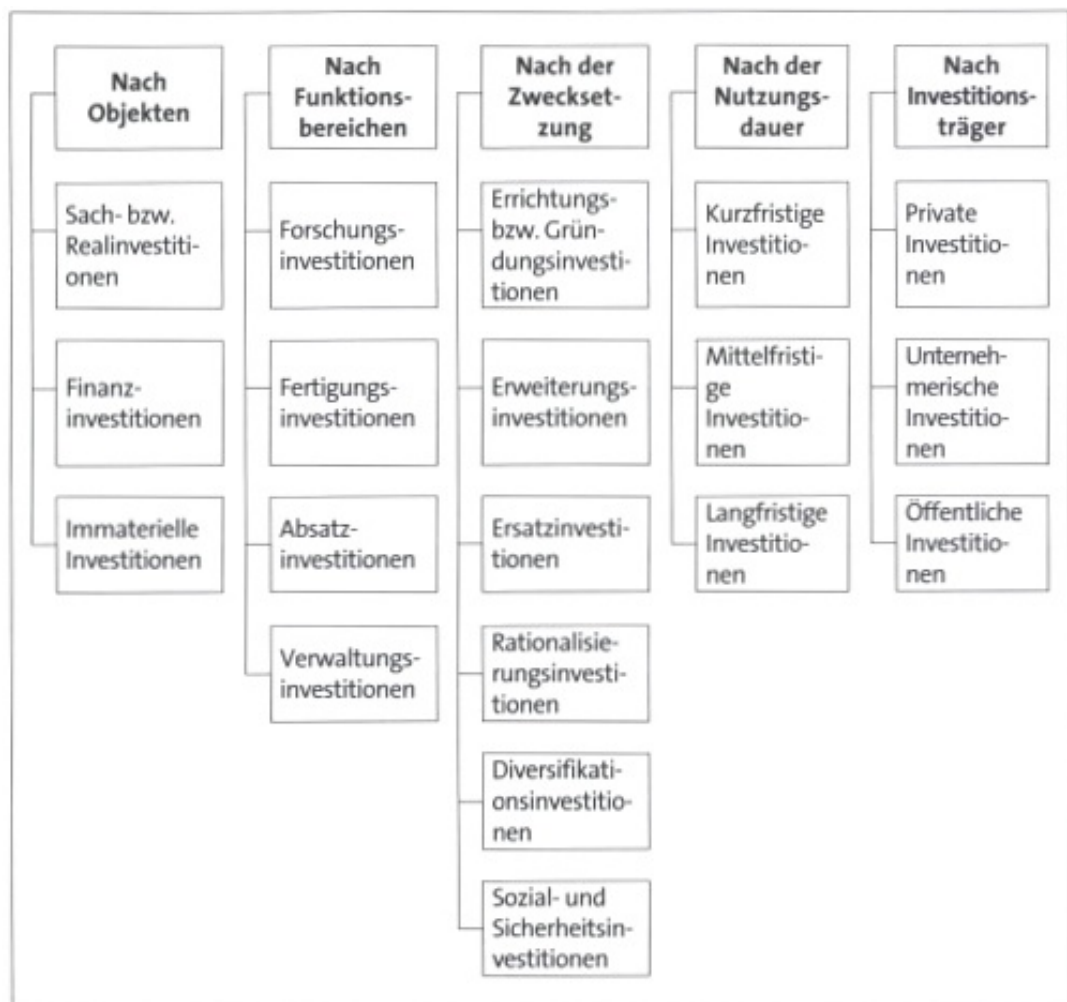


Abbildung 25: Investitionsarten

Quelle: Däumler, Grabe: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung (2007), S.16.

- Systematisierung nach Objekten

Diese Investitionen zielen darauf ab, den Produktionsprozess im Betrieb zu erhalten, zu verbessern bzw. zu erweitern. Dazu zählen unter anderem Investitionsgüter wie Maschinen, Grundstücke, Gebäude usw.

- Systematisierung nach Funktionsbereichen

Die Investitionen in Funktionbereiche gliedern sich in Forschungs-, Fertigungs-, Absatz- und Verwaltungsinvestitionen. Anders als bei Objektinvestitionen werden hier die Ziele verschiedenen Abteilungen zugeordnet.

- Systematisierung nach der Zwecksetzung

Investitionsarten, die nach ihrer Zwecksetzung klassifiziert werden, sind auch unter dem Namen „wirkungsbezogene Investitionen“ bekannt. Diese kann man wie folgt gliedern:

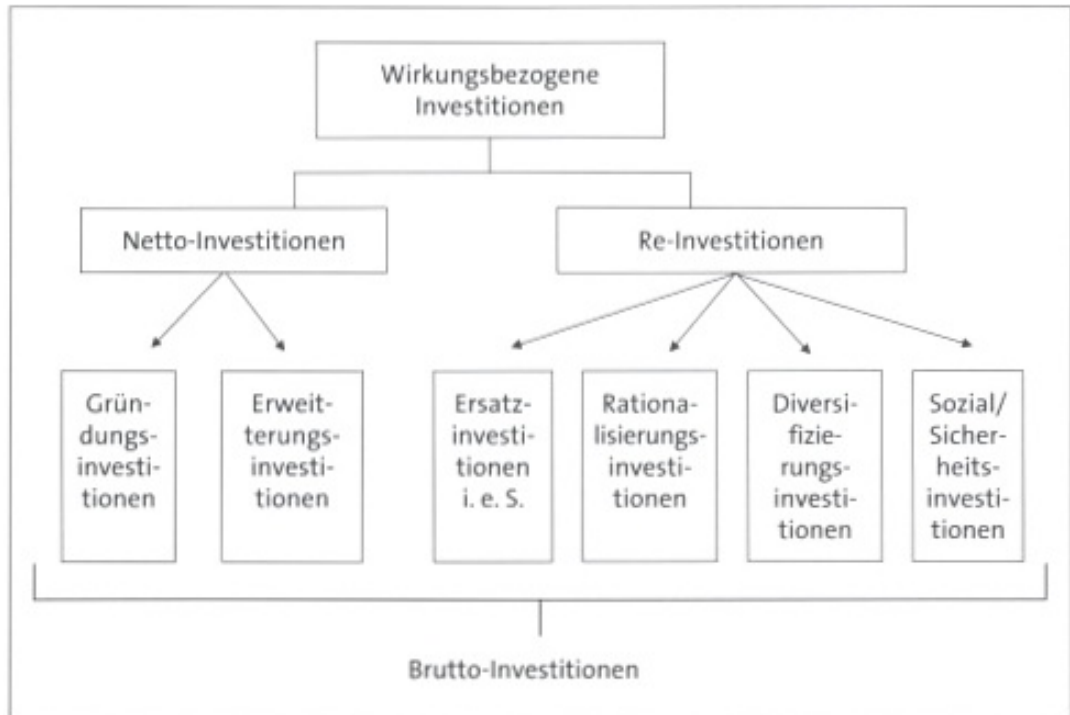


Abbildung 26: Wirkungsbezogene Investitionen

Quelle: Däumler, Grabe: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung (2007), S.18.

- Systematisierung nach der Nutzungsdauer

Hierbei wird nach der zeitlichen Wirkung (Lebensdauer) der verschiedenen Investitionsobjekte unterschieden. Dabei kann es sich um kurz-, mittel- und langfristige Investition handeln.

Eine mögliche Einteilung wäre:

Kurzfristige Investition: eine Lebensdauer bis zu 3 Jahre

Mittelfristige Investition: eine Lebensdauer zwischen 3 und 10 Jahren

Langfristige Investition: für eine Lebensdauer größer 10 Jahre

- Systematisierung nach dem Investitionsträger

Im Hinblick auf den Investitionsträger kann man noch unter privaten, unternehmerischen und öffentlichen Investitionen unterscheiden. Dies wird jedoch nicht alternativ zu den oben genannten Systematisierungen gemacht, sondern wird additiv dazu verwendet.³⁵

2.2.1.1.2 Vorteilhaftigkeit von Investitionen

Für die Investitionsrechnung ist es von besonderer Bedeutung, dass alle Investitionsarten durch die jeweilige Auszahlungs- und Einzahlungsreihe, kurz: Zahlungsreihe, beschrieben werden können.³⁶

Die Zahlungsreihe dient hierbei als Maßstab. Dies bedeutet, dass für die Investition die jeweils ausgelöste Zahlungsreihe wichtiger ist als die Investitionsart. Meist wird aufgrund der großen Bedeutung der Zahlungsreihe der Investitionsbegriff mit dieser gleichgesetzt. Daraus schließen wir: Investitionsbegriff = Zahlungsreihe. Die Begriffe „Investition“ und „Finanzierung“ sind wie folgt definiert.³⁷

„Eine Investition ist eine Zahlungsreihe, die mit einer Auszahlung beginnt.

Eine Finanzierung ist eine Zahlungsreihe, die mit einer Einzahlung beginnt.“³⁸

„Die Vor- und Nachteile dieser Begriffsfassungen bedürfen einer kurzen Erläuterung.

- Die Vorteile sind folgende:
 - Der Begriff ist sehr einfach.
 - Er knüpft direkt an diejenigen Rechengrößen an, die für eine ökonomische Beurteilung in Bezug auf quantifizierbare Interessen (Gewinnziel) von Bedeutung sind.

³⁵ vgl. Däumler, Grabe (2007), S. 20.

³⁶ vgl. ebd., S.21.

³⁷ vgl. ebd.

³⁸ ebd.

- Diesen Vorteilen stehen folgende Nachteile gegenüber:
 - Der zahlungsorientierte Investitionsbegriff lässt alle Investitionseigenschaften unbeachtet, die nicht direkt zu Zahlungsvorgängen führen. Im Einzelnen ist hier etwa von Lärm, Geruchsbelästigungen, Zuwachs von Macht und ähnliche Aspekte zu denken, die mit Investitionsvorgängen verbunden sein können. Aber: Dieses Argument ist im Rahmen von Investitionsrechnungen bedeutungslos, da die im Investitionsbegriff vermissten Investitionseigenschaften ohnehin außerhalb der Rechnung berücksichtigt werden müssen.
 - Es gibt Investitionen, die auf Grund entsprechend gestalteter Vertragsbedingungen mit den Marktpartnern (Kunden, Lieferanten) mit Einzahlungen beginnen.
Aber: Wenn Investitionen mit einer Einzahlung beginnen, so sind es im Sinne unserer obigen Definition keine Investitionen, sondern Finanzierungsvorgänge. Im Übrigen stört uns das nicht, da sich Finanzierungen prinzipiell mit dem gleichen rechnerischen Instrumentarium beurteilen lassen wie Investitionen.
 - Es gibt Investitionen, für die sich Zahlungsreihen nicht oder nur schwer vorher-sagen lassen:

Aber: Investitionen, für die sich Zahlungsreihen nicht ermitteln lassen, entziehen sich der rechnerischen Beurteilung. Dass es solche Investitionen gibt (zum Beispiel Einrichtung eines Betriebskindergartens), lässt sich nicht bestreiten. Aber wo kein fester Punkt ist, können wir eben auch keinen Hebel ansetzen. Das mag bedauerlich sein, ist aber nicht zu ändern.
 - Die Zahlungen von Investitionen (und Finanzierungen) erfolgen nicht stoßwei-se zu bestimmten Zeitpunkten, sondern kontinuierlich über die Zeit verteilt. Aber: Diesem Argument lässt sich durch eine genügend feine Zeiteinteilung begegnen.“³⁹

2.2.1.1.3 Investitionen als Entscheidungsproblem

Investitionsentscheidungen treffen wir ständig. Diese unterliegen einer hohen Komplexität, da diese Entscheidungen von einander abhängig sind und sich gegenseitig beeinflussen.

³⁹ Kruschwitz (2009), S. 5.

Die Investitionsentscheidungen kann man nach ihrem Zweck klassifizieren. Diese Zuordnungen sind wie folgt.⁴⁰

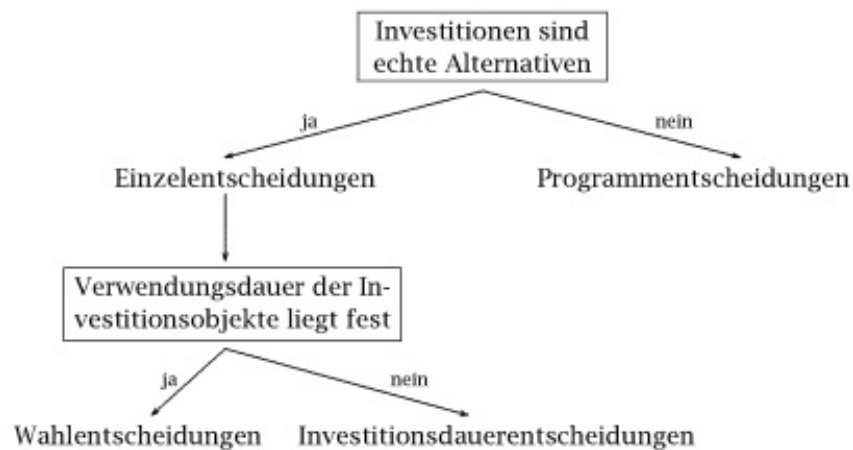


Abbildung 27: Klassifikation der Investitionsentscheidungen

Quelle: Kruschwitz: Investitionsrechnung (2009), S. 5.

- „Klassifikationsmerkmal Alternative:

Auf der ersten Ebene dieses Schemas wird mit Hilfe des Merkmals Alternative zwischen Einzel- und Programmmentscheidungen unterschieden. Alternativen sind in diesem Zusammenhang als sich gegenseitig vollständig ausschließende Handlungsmöglichkeiten zu verstehen. Einzelentscheidungen sind immer durch die Fragestellung „entweder Investition A oder Investition B“ beziehungsweise „entweder Investition A oder Nicht-Investition“ geprägt. Ein Taxiunternehmer überlegt, ob er sich für ein Fahrzeug vom Typ X oder vom Typ Y entscheiden soll, oder ein Mineralölkonzern hat zu entscheiden, ob eine Bohrinself in der Nordsee gebaut werden soll oder nicht.

Bei Programmmentscheidungen geht es dagegen immer um die Frage „entweder Investition A und B gemeinsam oder Investition C, D und E gemeinsam“, wobei A und B beziehungsweise C, D und E sich offenkundig nicht gegenseitig ausschließen, weil wir sie sonst nicht gemeinsam realisieren könnten. In einem Elektrokonzern wird überlegt, ob es günstiger ist, das Motorenwerk in M-Stadt auszubauen,

⁴⁰ Kruschwitz (2009), S. 5.

das Versandlager in N-Dorf zu modernisieren und ein Freizeitzentrum für die Mitarbeiter in O-Stadt zu errichten, oder ob es vorteilhafter ist, eine Mehrheitsbeteiligung an der seit langem lästigen Konkurrenzfirma zu erwerben und die Fertigungsstätten des Werkes in P-Stadt nach Q-Stadt zu verlegen.

- Klassifikationsmerkmal Verwendungsdauer:

Es empfiehlt sich, die Menge der Einzelentscheidungen mit Hilfe des Merkmals der Verwendungsdauer weiter aufzuspalten in solche, bei denen die Nutzungszeit fest vorgegeben ist, und in solche, bei denen diese Frist selbst zum Entscheidungsproblem erhoben wird. Im ersten Fall wird von reinen Wahlentscheidungen gesprochen, wobei regelmäßig mindestens zwei Investitionsobjekte zur Diskussion stehen, im zweiten Fall sprechen wir von Investitionsdauerentscheidungen. Letztere können sich auf ein und dasselbe Investitionsobjekt beziehen, zum Beispiel bei der Frage, ob ein Lastkraftwagen vier oder fünf Jahre lang genutzt werden soll.

Welchem Zweck dient die Klassifikation der Investitionsentscheidungen? Erstens soll sie den Leser befähigen, typische Fragestellungen der Investitionsplanung schnell und sicher einzuordnen. Zweitens soll sie ihm – weil unterschiedliche Entscheidungssituationen unterschiedliche Formen der Investitionsbeurteilung und Investitionsrechnung erforderlich machen – verdeutlichen:

Es gibt keine Methode der Investitionsrechnung, die in allen Situationen die beste ist.“⁴¹

2.2.1.1.4 Phasen des Entscheidungsprozesses

Der Entscheidungsprozess ist ein dynamischer Vorgang, der idealerweise mit 6 Phasen beschrieben wird. Dieses Schema dient zur Verdeutlichung der Bedeutung von Investitionsrechnungen für Investitionsentscheidungen.

⁴¹ Kruschwitz (2009), S. 6.



Abbildung 28: Die Phasen des Entscheidungsprozesses

Quelle: Kruschwitz: Investitionsrechnung (2009), S. 7.

„Als erster Teil der Planungsphase kommt die Problemstellung. In diesem ersten Schritt wird eine Idee ausgearbeitet, welche eine Investition auslöst. Dem zu Grunde liegend ist eine gute Analyse der derzeitigen Situation und der genauen Klärung der Ausgangssituation. In diesem Stadium wird sorgfältig abgewogen, ein genauer Überblick verschafft und die Investitionsalternativen bestimmt.

In der Suchphase gilt es, die Handlungsmöglichkeiten des Investors zusammenzustellen und die Konsequenzen der Handlungsmöglichkeiten mittels Prognoseverfahren zu ermitteln. Aufgrund der relativen Unvorhersehbarkeit der Zukunft werden hier gegebenenfalls alternative Zukunftsentwicklungen berücksichtigt.

Die Beurteilungsphase dient der unmittelbaren Entscheidungsvorbereitung, hierbei kommt es darauf an, die Konsequenzen der Handlungsmöglichkeiten in Bezug auf die Ziele zu bewerten. Bei quantitativen Zielen und Daten können wir das Instrument der Investitionsrechnung einsetzen, ansonsten kommen andere Beurteilungsmethoden zum Einsatz. Beide Methoden sind im Falle natürlich zu kombinieren, sobald die letzte Phase der Planung erreicht wird.

In der Entscheidungsphase erfolgt die Festlegung der zu realisierenden Handlungsmöglichkeiten. Dabei werden die bewerteten Alternativen miteinander verglichen und darauf hin eine Entscheidung getroffen.

Bei der Realisierungsphase wird die Entscheidung in die Tat umgesetzt.

Als letzte ist die Kontrollphase sicher auch eine der wichtigsten. Hierbei werden die erwarteten Konsequenzen mit den tatsächlich eingetretenen Konsequenzen verglichen. Auf diese Weise kann man Abweichungen rechtzeitig erkennen und gegensteuern. Auch in diesem Abschnitt kann man Investitionsrechnungen einsetzen, diese werden jedoch hauptsächlich in der Beurteilungsphase eingesetzt.

Dieses idealtypische Bild eines Entscheidungsprozesses läuft in der Praxis meistens nicht so reibungslos ab. Es kann passieren, dass man immer wieder zu früheren Phasen springen muss, insofern man feststellt, dass keine der ausgearbeiteten Investitionen das Ziel im vollen Umfang erreichen kann. Grundsätzlich zeigt das Phasenschema jedoch, dass im kompletten Entscheidungsprozess die Investitionsrechnung nur einer von mehreren Bausteinen ist.“⁴²

2.2.1.1.5 Verfahren der Investitionsrechnungen

„Verfahren der Investitionsrechnung können danach unterteilt werden, ob einzelne Investitionen oder komplette Investitionsprogramme betrachtet werden.

Beschränkt man sich auf die Bewertung einzelner Investitionen, kann man zwischen eindimensionalen und mehrdimensionalen Verfahren unterscheiden.

Die eindimensionalen Verfahren werden auch als klassische Verfahren der Investitionsrechnung bezeichnet. Sie betrachten ausschließlich die finanziellen Auswirkungen der Investitionstätigkeit und lassen sich danach unterteilen, ob sie den zeitlichen Anfall von Zahlungsströmen im Einzelfall berücksichtigen (statische oder dynamische Verfahren).“⁴³

⁴² Kruschwitz (2009), S. 7ff.

⁴³ Däumler, Grabe (2007), S. 29.

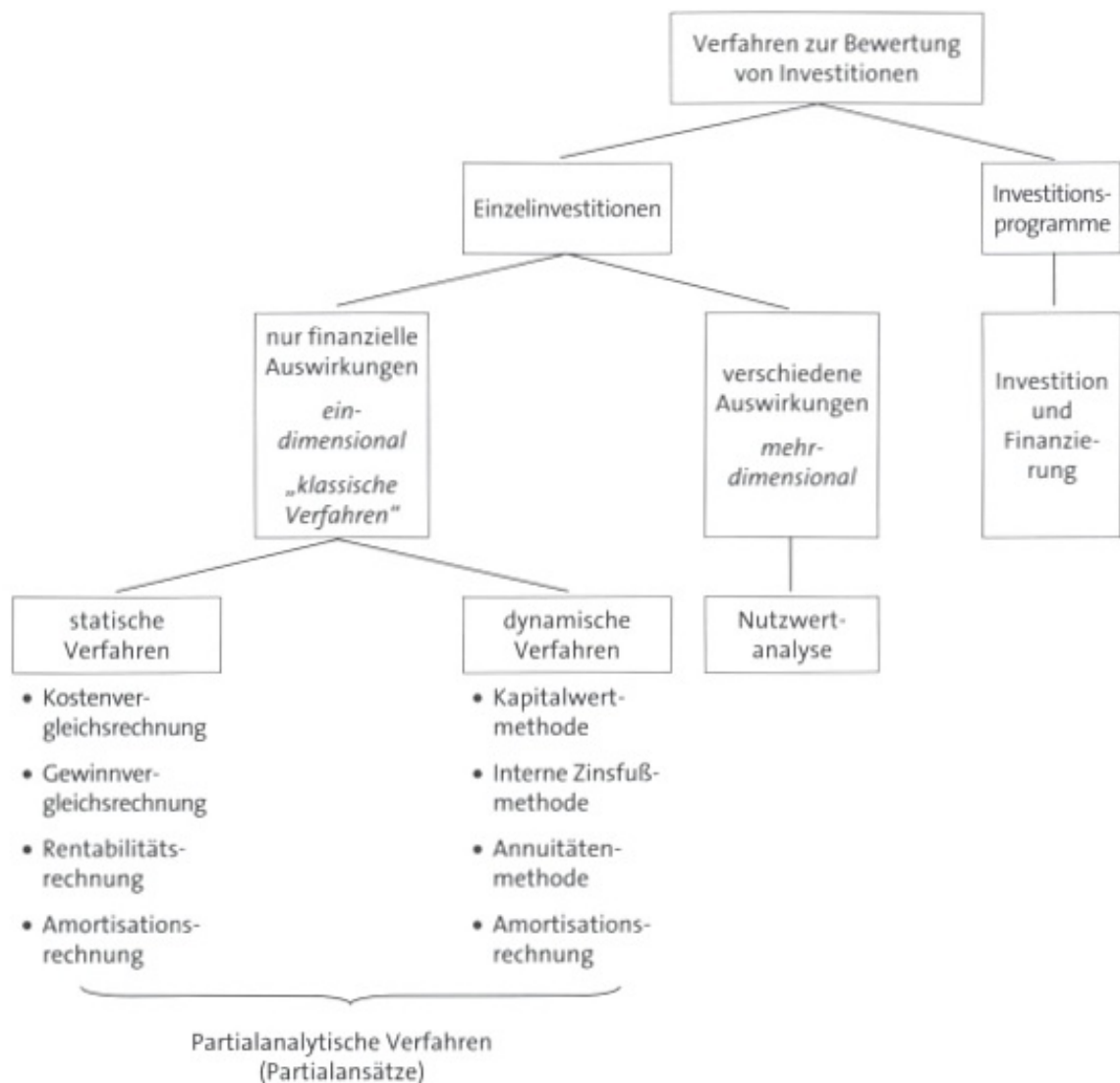


Abbildung 29: Verfahren der Investitionsrechnungen

Quelle: Däumler, Grabe: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung (2007), S. 30.

„Die dynamischen Verfahren berücksichtigen die unterschiedlichen Zeitpunkte der Zahlungen und machen sie durch Diskontierung (ab- bzw. aufzinsen) vergleichbar.

Die zweite Gruppe der klassischen Verfahren bilden die Kostenvergleichsrechnung, die Gewinnvergleichsrechnung, die Rentabilitätsrechnung sowie die statische Amortisationsrechnung. Weil sie den unterschiedlichen Zahlungsanfall und die Entwicklung von Zahlungsströmen im Zeitablauf nicht berücksichtigen, werden diese Rechenmethoden auch als statische Verfahren der Investitionsrechnung bezeichnet.“⁴⁴

⁴⁴ Däumler, Grabe (2007), S. 30.

2.2.1.1.6 Die Festlegung des Kalkulationszinssatzes

Wenn eine Investition geplant ist, muss man für die jeweilige Investitionsrechnung auch einen Zinssatz festlegen. Der Zinssatz muss so festgesetzt sein, dass er den Investitionsforderungen entspricht. Mit dieser Mindestanforderung an die Investition kann man das Projekt dann durchrechnen. Theoretisch kann der Zinssatz auch 0 sein, jedoch würde das heißen, dass eine Investition keinen Mehrertrag bringt. Der in der Berechnung verwendete Zinssatz wird Kalkulationszinssatz oder Kalkulationszinsfuß genannt.

Bei der Eigenfinanzierung stellt sich zur Investition immer die Alternative nach der Veranlagung der benötigten Summe am Kapitalmarkt. Somit kann der Kalkulationszinssatz nicht kleiner sein als der Habenzinssatz einer bestimmten Kapitalanlageform. Der Habenzinssatz muss nicht unbedingt der Kapitalmarktzinssatz sein. Dieser stellt eher die absolute Untergrenze für den Kalkulationszinssatz dar (z. B.: Sparbuchzinssatz).

Es gilt somit: $i_e \geq \text{Habenzinssatz}$

Da mit einer geplanten Investition gegenüber einer Geldanlage am Kapitalmarkt ein höheres Risiko zu erwarten ist, muss man dem Kalkulationszinsfuß noch einen Risikozuschlag hinzurechnen. Je risikoreicher eine Investition ist, desto höher sollte der Risikozuschlag ausfallen.

Die Formel dazu lautet: $i_e = \text{Habenzinssatz} + z$

Wird eine Investition durch eine Fremdfinanzierung getätigt, beläuft sich der Kalkulationszinssatz mindestens in der Höhe des Fremdkapitalzinssatzes (Sollzinssatz des Kapitalmarktes). Ist der Kalkulationszinssatz kleiner dem Fremdkapitalzinssatz, wäre das Vorhaben wahrscheinlich kontraproduktiv.

Es gilt: $i_f \geq \text{Sollzinssatz}$

Natürlich gilt es auch in dieser Möglichkeit der Investition, wieder das erhöhte Risiko mit einzukalkulieren. Wie oben beschrieben, wird je nach Höhe des Risikos ein angepasster Risikoaufschlag hinzugerechnet.

Die Formel dazu: $i_f = \text{Sollzinssatz} + z$

In der Praxis variiert der Kalkulationszinssatz zwischen 8 und 12 Prozent. Wichtig ist, wie schon oben erwähnt, die Marktzinssätze zu kennen und die richtige Bemessung des Risikozuschlags.⁴⁵

2.2.2 Statische Verfahren

Die statische Analyse dient, genauso wie die dynamische Analyse, der Untersuchung eines wirtschaftlichen Problems. Bei der statischen Untersuchung wird das Umgebungsszenario auf einen einheitlichen Zeitpunkt oder Zeitraum bezogen. Somit sind alle Variablen von verschiedenen Wirtschaftsgrößen im Zeitablauf ausgenommen. Dies hat den Vorteil, dass die Zusammenhänge einfacher werden und auch das Ergebnis von dieser Einfachheit profitiert. Diese Vereinfachung findet sich vor allem in der Berechnung wieder. Im Gegensatz dazu bezieht die dynamische Analyse das Zeitelement ausdrücklich in die Bewertung mit ein. Von dieser Betrachtung gesehen, ist die statische Untersuchung bei weitem nicht so wahrheitsgetreu wie die dynamische Analyse. Die statische Analysen kamen vor allem bis in die 1970er vermehrt zur Anwendung, mit Aufkommen der modernen Computer wurden allerdings die dynamischen Modelle vorherrschend.

Die statischen Investitionsrechnungen kann man wie folgt unterscheiden:

- Gewinnvergleichsrechnung
- Kostenvergleichsrechnung
- Rentabilitätsrechnung
- Amortisationsrechnung

Die statischen Methoden bauen, im Gegensatz zu den dynamischen Modellen nicht auf der Finanzmathematik auf, sondern auf Faustregeln, die sich im Laufe der Zeit herausgebildet haben. Dadurch können zeitliche Unterschiede schlecht oder gar nicht berücksichtigt werden.⁴⁶

Um die statischen Verfahren zu charakterisieren, kann man zwei Eigenschaften nennen:

⁴⁵ vgl. Däumler, Grabe (2007) S. 35 ff.

⁴⁶ vgl. ebd., S. 165 ff.

- Ziele des Investors:

Das Einkommens- oder Vermögensstreben wird in der statischen Investitionsrechnung nicht aufgegriffen. Es wird hier mit der Gewinn- und Renditemaximierung oder mit der Kostenminimierung gearbeitet. Da, wie oben schon erwähnt, die Zeitleiste nicht berücksichtigt wird, kann die Berechnung sich nur an durchschnittlichen Erfolgsgrößen messen.

- Die Vergleichbarkeit der Investitionen:

Bei allen statischen Investitionsmodellen hat man meist das Problem, dass alternative Investitionen nur schwer untereinander vergleichbar sind. Meist bleiben bei den Investitionsalternativen bei gleichem Startkapital verschiedene Restbeträge übrig, welche in den Berechnungen aber unberücksichtigt bleiben. Die Investitionsalternativen sind nur dann vergleichbar, wenn diese sich zur Gänze gegenseitig ausschließen.⁴⁷

2.2.2.1 Gewinnvergleichsrechnung

Das Entscheidungskriterium dieser Investitionsrechnung gewichtet sich nach dem größtmöglichen erzielbaren Gewinn.

Wie auch die Kosten- und Renditevergleichsrechnung gehört die Gewinnvergleichsrechnung zu den einperiodigen Berechnungsverfahren. D.h., es sind Methoden, die mittels periodisierten Erfolgsgrößen arbeiten und sich auf eine fiktive Jahresabrechnungsperiode beziehen.

Der durchschnittliche Gewinn ist die Differenz zwischen den durchschnittlichen Umsätzen und den durchschnittlichen Kosten. Zu den Kosten zählen die Lohnkosten sowie die Kosten von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, die Kosten für Instandhaltung und Wartung, Energiekosten sowie die Raum- und Werkzeugkosten. Üblicherweise werden auch die kalkulatorischen Abschreibungen und die kalkulatorischen Zinsen in die Rechnung mit einbezogen.

Es sind immer alle Kosten und Erlöse zu berücksichtigen, die sich aufgrund einer Entscheidung ändern.

⁴⁷ vgl. Kruschwitz (2009), S. 31.

Um die Gesamtkosten zu ermitteln, verwenden wir folgende Formel:

$$K_{gesamt} = K_f + k_v \cdot x + \underbrace{\frac{I_0 - L_T}{n}}_{\text{kalk. Abschreibung}} + \underbrace{\frac{I_0 + L_T}{2} \cdot i}_{\text{kalk. Zins}}$$

Um die Gewinnvergleichsrechnung zu komplettieren, werden nun die Erlöse ermittelt. Dabei wird der Preis (p) mit der Stückmenge (x) und dem geplanten Zeitraum (t) multipliziert.

Die Formel dazu lautet:

$$E = p \cdot x \cdot t$$

Um den Gewinn (G) zu ermitteln, werden die Kosten von den Erlösen abgezogen:

$$G = E - K$$

Ein Beispiel zur Gewinnvergleichsrechnung:

Eine Investition für einen Planungszeitraum von $T = 6$ Jahren wird getätigt. Es gibt dabei 2 Alternativen A und B, welche das gleiche Produkt in der gleichen Qualität herstellen können. Es bestehen jedoch Unterschiede in den Anschaffungs- und Betriebskosten und auch in der Produktionsgeschwindigkeit. Auch ist die Nutzungsdauer der Maschinen nicht gleich. Pro Jahr könnten maximal 100.000 Stück verkauft werden und der erzielbare Preis liegt bei 11 Euro pro Stück. In der unten stehenden Tabelle stehen die übrigen Informationen zu den Projekten.

Investition	A	B
Anschaffungspreis	600.000 €	800.000 €
Erwartete Nutzungsdauer	6 Jahre	5 Jahre
Produktionsmenge pro Jahr	60.000 Stück	81.000 Stück
Beschäftigungsvariable Kosten je Stück	6 €	5 €
Beschäftigungsfixe Kosten (ohne Abschreibung und Zinsen) pro Jahr	80.000 €	190.000 €

Tabelle 1: Informationen für zwei konkurrierende Projekte

Quelle: eigene Darstellung

Zur Lösung:

Außer den oben aufgeführten beschäftigungsvariablen und beschäftigungsfixen Kosten sind noch die kalkulatorischen Abschreibungen der beiden Objekte und die kalkulatorischen Zinsen entscheidend. Die Abschreibungen werden linear angesetzt und der kalkulatorische Zinssatz wird mit 10% auf das durchschnittlich gebundene Kapital festgesetzt.

Die Gewinnvergleichsrechnung sieht somit wie folgt aus:

Investition	A	B
Erlöse	660.000 €	891.000 €
Variable Kosten	-360.000 €	-405.000 €
Abschreibungen	-100.000 €	-160.000 €
Zinsen	-30.000 €	-40.000 €
Sonstige fixe Kosten	-80.000 €	-190.000 €
Gewinn	90.000 €	96.000 €

Tabelle 2: Lösung zum Beispiel

Quelle: eigene Darstellung

Würde man jetzt rein nach den Ergebnissen die Investitionsalternativen bewerten, so wäre das Vorhaben B die beste Entscheidung. Der Gewinn beträgt 120.000 Euro im Gegensatz zu den 90.000 Euro bei der Investition A. Diese Rechnung erscheint einfach und logisch. Allerdings beruht diese auf zwei ziemlich fragwürdigen Prämissen.

Vergleicht man die Anschaffungskosten, so bemerkt man eine Differenz von 200.000 Euro zwischen A und B. In dieser Berechnung wird dieser Differenzbetrag nicht berücksichtigt. Als Investor würde man für diese Summe jedoch eine andere, lukrative Verwendung finden.

Fällt die Entscheidung tatsächlich auf Projekt B, stellt sich die Frage, was nach Ablauf der Nutzungsdauer passieren wird. Wie man der Tabelle entnehmen kann, ist die Nutzungsdauer von Investition A um ein Jahr länger. Die Gewinnvergleichsrechnung würde, auch nach Ablauf der Nutzungsdauer, bei Projekt B weiterhin einen Gewinn von 96.000 Euro ausweisen. Würde man nun, eher der Praxis entsprechend, den Gewinn mit den Nutzungsjahren multiplizieren, wäre Projekt A vorzuziehen.

Wie man hierbei sieht, ist die Gewinnvergleichsrechnung nur dann unproblematisch, wenn die Nutzungsdauer und der Kapitaleinsatz beider Investitionsvarianten gleich sind.⁴⁸

2.2.2.2 Kostenvergleichsrechnung

Wenn sich die Beurteilung von Investitionen nur auf Kostenvergleiche beschränkt, werden die positiven Erfolgskomponenten ausgeblendet und nur die negativen Erfolgskomponenten bewertet. Daher entscheidet man sich bei der Kostenvergleichsrechnung für jene Investition, welche die kleinsten durchschnittlichen Kosten verursacht.

Die Formel dazu:

$$K_{gesamt} = K_f + k_v \cdot x + \underbrace{\frac{I_0 - L_T}{n}}_{\text{kalk. Abschreibung}} + \underbrace{\frac{I_0 + L_T}{2} \cdot i}_{\text{kalk. Zins}}$$

„Eine Investition I ist wirtschaftlicher als eine Investition II, wenn ihre durchschnittlichen Jahreskosten K_I geringer sind als K_{II} .“⁴⁹

Analog dazu: $K_I < K_{II}$

Da die positiven Erfolgskomponenten bei dieser Berechnung nicht mit einbezogen werden, ist es für die Kostenvergleichsrechnung von enormer Bedeutung, dass die Erträge pro Periode und auch die Nutzungsdauer gleich sind. Auch bei der kostengünstigsten Variante kann man nicht sicher sein, ob diese überhaupt Gewinn abwirft.⁵⁰ Als statisches Verfahren der Investitionsrechnung zählt die Kostenvergleichsrechnung zu den sogenannten „Hilfsverfahren der Praxis“, deren Anwendung nur in wenigen Fällen wirklich sinnvoll und bei komplexen Entscheidungen mit variierenden Einzahlungsüberschüssen ungeeignet ist, weil sie, im Gegensatz zu den dynamischen Verfahren, den Zeitverlauf nicht berücksichtigen.⁵¹

⁴⁸ vgl. Kruschwitz (2009), S. 33 ff.

⁴⁹ Däumler, Grabe (2007), S. 169.

⁵⁰ vgl. Kruschwitz (2009), S. 35.

⁵¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Kostenvergleichsrechnung>, 2013-09-23, 20:34.

2.2.2.3 Renditevergleichsrechnung

Die Rendite- oder Rentabilitätsrechnung beschäftigt sich mit dem Quotient von Gewinn und Kapital. Es bestimmt das Verhältnis des Gewinnes, des Gewinnzuwachses oder der Kostenabnahme zum eingesetzten Kapital.⁵²

Die Renditevergleichsrechnung berücksichtigt, im Gegensatz zur Gewinn- und Kostenvergleichsrechnung, die unterschiedlichen Kapitaleinsätze der Investitionen.

$$\text{Rentabilität} = \frac{\text{Nettogewinn}}{\text{durchschnittliches gebundenes Kapital}}$$

Es ist umstritten, ob man bei der Berechnung den auf den ursprünglichen Kapitaleinsatz oder auf das durchschnittlich gebundene Kapital zurückgreift. Allerdings ist es unabdingbar, die gewählte Methode bei allen Investitionsalternativen gleich anzuwenden. Daher ändert sich bei dieser Streitfrage nichts an der relativen Vorteilhaftigkeit der Investitionsalternativen zueinander. Der Unterschied macht sich vor allem in der absoluten Höhe der Rentabilität bemerkbar.⁵³

Eine Investition A ist somit dann vorteilhaft, wenn diese eine höhere Rendite aufweist als die Investition B.

Es gilt: $\text{Rent}_A > \text{Rent}_B$

Die Renditevergleichsrechnung ist, so wie die Gewinnvergleichsrechnung, nur dann wirklich aussagekräftig, wenn der Kapitaleinsatz und die Nutzungsdauern der gesamten Investitionsalternativen übereinstimmen. Wenn dem so ist, liefert die Rentabilitätsrechnung die gleichen Ergebnisse wie die Gewinnvergleichsrechnung. D.h. es führt zu keinem aussagekräftigeren Resultat.⁵⁴

2.2.2.4 Amortisationsrechnung

Die Amortisationsrechnung, auch pay-off, pay-back oder Kapitalrückflussrechnung, ist eine der beliebtesten Investitionsrechenmethoden. Dies begründet sich in der zugrundeliegenden Idee des Konzepts. Es befasst sich mit der Ermittlung, in welcher Zeit einer

⁵² vgl. Däumler, Grabe (2007), S. 194.

⁵³ vgl. Kruschwitz (2009), S. 35.

⁵⁴ vgl. ebd., S. 36 ff.

Investition die Summe der Ausgaben durch die Summe der Einnahmen gedeckt werden. So kann man eigentlich sehr einfach darstellen, ab welchem Zeitraum das eigentliche Verdienen beginnt.⁵⁵

„Die statische Amortisationsrechnung ermittelt die tatsächliche Amortisationszeit eines Objektes und vergleicht sie mit der maximal zulässigen Amortisationszeit.“⁵⁶

Die Amortisationsrechnung knüpft, anders als die restlichen Rechenmodelle der statischen Investitionsverfahren, nicht an Erlöse und Kosten, sondern an Zahlungen an. Noch ein bedeutender Unterschied ist neben dem längerem Betrachtungszeitraum auch die Arbeit mit nicht periodisierten Erfolgsgrößen.

In der Praxis werden häufig Projekte abgelehnt, wenn die Amortisationsdauer höher ist als die von der Geschäftsleitung festgelegte kritische Größe. Es ist jedoch schwierig, hier eine klare Trennlinie zu schaffen, da diese häufig auf subjektiven Eindrücken basiert.

Die Amortisationsrechnung kann man in zwei Varianten einteilen: die Kumulationsmethode und die Durchschnittsrechnung.

Die Kumulationsmethode ist generell anwendbar. Bei diesem Verfahren werden in einem sukzessiven Rechenverfahren mit einem Investitionszeitpunkt ($t=0$) die Aus- und Einzahlungen schrittweise addiert ($t = 1, 2, \dots$) und das so lange, bis die kumulierten Einzahlungen die kumulierten Auszahlungen erreicht haben.

Bei der Durchschnittsmethode fallen die Rückflüsse in jedem Jahr in etwa der gleichen Höhe an. Dadurch kann ein Durchschnittswert gebildet werden. Wichtig dabei: der durchschnittliche Rückfluss ist nicht der durchschnittliche Gewinn! Der Rückfluss setzt sich aus den Faktoren Einzahlungen und Auszahlungen zusammen, während der Gewinn die Differenz zwischen Erlösen und durchschnittlichen Kosten ist.⁵⁷

Die Formel dazu lautet:

$$t = \frac{\text{Anschaffungsausgabe}}{\text{durchschnittlicher Rückfluss pro Jahr}} = \frac{KE - RW}{GvZ + AfA}$$

⁵⁵ vgl. Kruschwitz (2009), S. 37.

⁵⁶ Däumler, Grabe (2007), S. 211 ff.

⁵⁷ vgl. Kruschwitz (2009), S. 37 ff.

„Eine Kritik begründet sich darauf, dass die Nutzung der Amortisationsrechnung leicht zu Investitionsempfehlungen führt, die den eigentlichen Intentionen des Investors zuwider laufen: Oft werden Investitionen mit einer kürzeren Amortisationszeit bevorzugt, da sie vermeintlich ein geringeres Risiko bergen. Schließlich wird das investierte Kapital schneller wieder eingenommen, so dass man den Unwägbarkeiten der Zukunft stärker entgeht. In der Realität sind aber gerade Investitionen mit einer kurzen Amortisationszeit wesentlich riskanter als Investitionen mit einer längeren Amortisationszeit. Man vergleiche nur niedrig verzinsliche Bundeswertpapiere mit hochspekulativen Aktien, die ein hohes Gewinnpotenzial (= kurze Amortisationszeit) mit einem hohen Risiko verbinden.“⁵⁸

⁵⁸ <http://de.wikipedia.org/wiki/Amortisationsrechnung>, 11.10.2013, 23:56.

2.2.3 Dynamische Investitionsverfahren

Mit den dynamischen Investitionsrechnungen versucht man, die typischen Mängel der statischen Rechenmodelle zu überwinden.

In diesem Kapitel widmen wir uns folgenden Investitionsrechenarten:

- der Kapitalwertmethode
- der internen Zinsfußmethode
- der Annuitätenmethode

Alle dynamischen Investitionsrechnungen haben einige Gemeinsamkeiten. Diese werden nachstehend beschrieben und zeigen die wesentlichen Unterschiede zwischen dem statischen und dem dynamischen Verfahren. Diese Unterschiede lassen sich in drei Kategorien darstellen:

- Die Zielsetzung des Investors: Alle dynamischen Rechenmodelle orientieren sich grundsätzlich an mehrperiodischen Zielsetzungen, wie Wohlstandsstreben, Vermögensstreben oder Einkommensstreben. Wichtig ist hier zu definieren, welche Erfolgsmaßstäbe in den Rechnungen verarbeitet werden. In allen dynamischen Rechenmethoden der Investitionsrechnung werden Zahlungsvorgänge als Rechengröße herangezogen. Diese Zahlungsvorgänge bestehen aus Ein- und Auszahlungen. Im Gegensatz dazu verwendet man bei den statischen Investitionsmodellen periodisierte Erfolgsgrößen wie z. B. Abschreibungen. In den dynamischen Modellen dagegen wird die Anschaffung als Auszahlung geführt und auf eine Verteilung des Betrags wird verzichtet.
- Investitionen als echte Handlungsalternativen: Wie auch bei den statischen Rechenmethoden, sind Investitionen nur dann sinnvoll miteinander vergleichbar, wenn diese als echte, sich ausschließende Alternativen formuliert werden. Da dies bei den statischen Modellen aber eher schwierig bis unmöglich ist, haben hier die dynamischen Modelle einen großen Vorteil.

- Zeitliche Struktur der Zahlungsreihen: Da bei einer Investition die Ein- und Auszahlungen im Zeitablauf nicht konstant sind, sondern zeitlichen Schwankungen unterliegen, werden diese bei den dynamischen auch dementsprechend berücksichtigt. Dazu wird vor allem die Zinseszinsrechnung herangezogen. Somit kann man Einzahlungen auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt auf- bzw. abzinsen.⁵⁹

2.2.3.1 Kapitalwertmethode

Die Kapitalwertmethode prüft die Vorteilhaftigkeit von Investitionen, beruhend auf dem Vergleich der Gesamtheit aller Ein- und Auszahlungen eines Objekts. Dazu werden diese Zahlungsvorgänge auf den Investitionsbeginn mittels Kalkulationszinssatz abgezinst.⁶⁰

Das maßgeblichste bei der Kapitalwertmethode besteht darin, den richtigen Faktor zu wählen. Dazu werden je nach Anlass und Aufgabenstellung die verschiedenen Möglichkeiten zur Ermittlung des Kapitalwerts erläutert. Zur Verdeutlichung werden die Methoden mit einem Zeitstrahl dargestellt.

Bei einer Aufzinsung einer heutigen Zahlung wird der Barwert, welcher zum Zeitpunkt 0 zur Verfügung steht, auf einen zukünftigen, bestimmten Zeitpunkt aufgezinst. Somit erhalten wir den Endwert (K_n). Die zugehörte Formel lautet:

$$K_n = K_0 \cdot (1 + i)^n$$

Dabei steht n für die Anzahl der Jahre und i für den gewählten Zinssatz. Den Term $(1 + i)^n$ bezeichnet man auch als Aufzinsungsfaktor (AuF).⁶¹

⁵⁹ vgl. Kruschwitz (2009), S.43 ff.

⁶⁰ vgl. Däumler, Grabe (2007), S. 48.

⁶¹ vgl. <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/investition-finanzierung/Kapitalwertmethode.php>, 11.10.2013, 17:14.

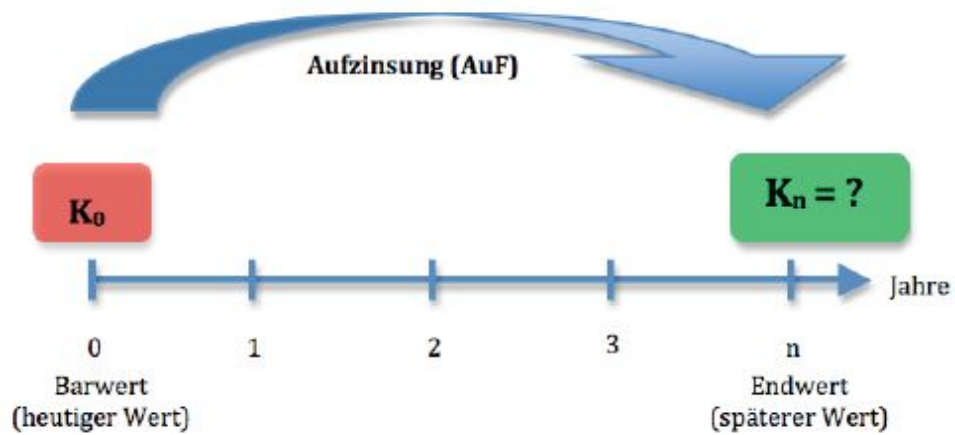


Abbildung 30: Zeitstrahl mit Aufzinsung

Quelle: http://www.rechnungswesen-verstehen.de/images/kapitalwertmethode_aufzinsung.jpg, 2013-11-12, 17:15.

Bei der Abzinsung einer späteren Zahlung wird der Endwert, welcher in Zukunft zur Verfügung steht, auf einen Zeitpunkt 0 abgezinst. Aus dem Endwert (K_n) errechnet man daraus dann den Barwert (K_0).

Die Formel dazu lautet:

$$K_0 = K_n \times \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dabei steht n für die Anzahl der Jahre und i für den gewählten Zinssatz. Den Term $(1+i)^n$ bezeichnet man auch als Abzinsungsfaktor (AbF).⁶²

⁶² vgl. <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/investition-finanzen/Kapitalwertmethode.php>, 15.10.2013-10-15, 02:10.

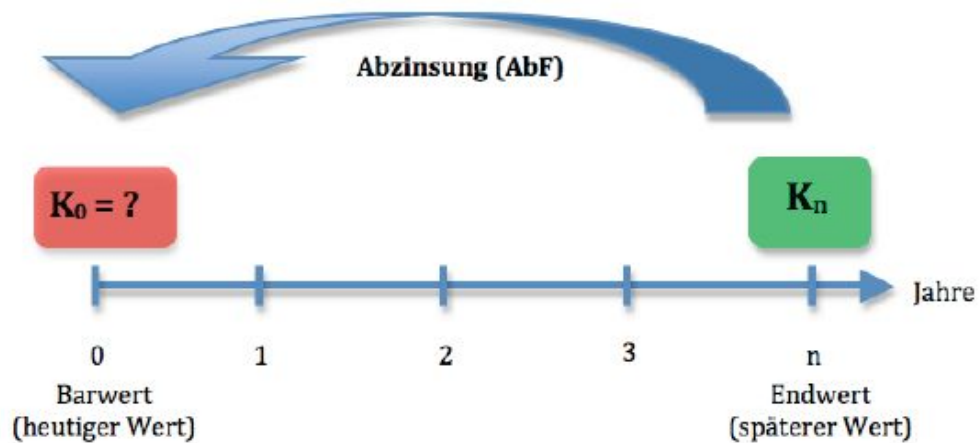


Abbildung 31: Zeitstrahl mit Abzinsung

Quelle: <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/images/abzinsung.jpg>, 2013-11-12, 17:17.

Beim Abzinsen und Summieren einer Zahlungsreihe handelt es sich um eine Herangehensweise, bei der mehrere Beträge zu verschiedenen Zeiten anfallen. Wichtig dabei ist, dass alle Beträge gleich groß sind und der Zinssatz über die Dauer der Perioden gleich ist. Natürlich muss auch ein kontinuierlicher Fluss der Beträge gewährleistet sein.

Um den Barwert (K_0) zu ermitteln, verwendet man folgende Formel:

$$K_0 = g \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

Auch hier steht wieder n für die Jahre und i für den Zinssatz. Für die Beträge steht die Variable g . Der oben angegebene Bruch wird diesmal als Diskontierungsfaktor bezeichnet. Sollten Beträge oder Zinssätze nicht einheitlich betrachtet werden können, so ist es notwendig, die einzelnen Beträge alleine zu berechnen.⁶³

⁶³ vgl. <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/investition-finanzierung/Kapitalwertmethode.php>, 15.10.2013-10-15, 02:45.

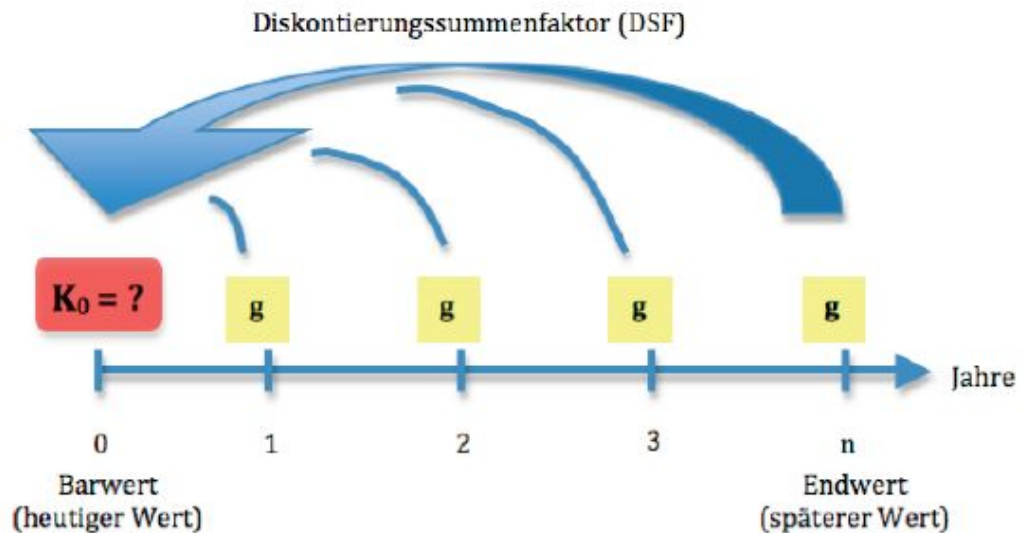


Abbildung 32: Abzinsung einer Zahlungsreihe am Zeitstrahl

Quelle: <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/images/diskontierungssummenfaktor.jpg>, 2013-11-12, 17:18.

Man kann eine Zahlungsreihe natürlich auch auf den Endwert hin aufzinsen. Wie bei obiger Diskontierung ist es wichtig, dass alle Beträge (g) gleich groß sind, der Zinssatz (i) konstant und die Beträge periodisch anfallen. Mit unten stehender Formel ermittelt man den Endwert:

$$K_n = g \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Auch hier kann man den Bruch wieder zusammenfassen. Dieser ergibt nun den Endwertfaktor (EWF).⁶⁴

⁶⁴ vgl. <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/investition-finanzierung/Kapitalwertmethode.php>, 15.10.2013-10-15, 18:22.

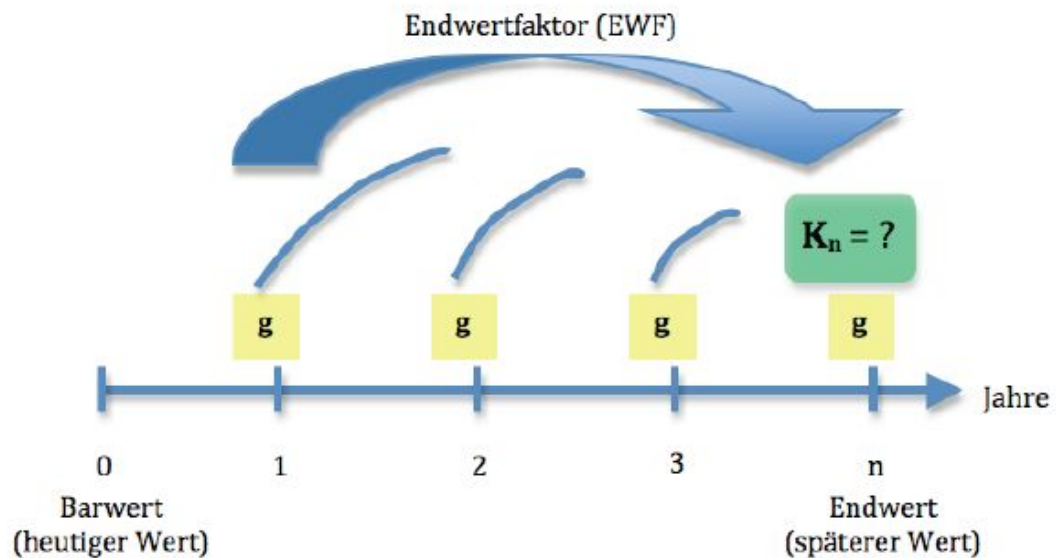


Abbildung 33: Aufzinsung einer Zahlungsreihe am Zeitstrahl

Quelle: <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/images/endwertfaktor.jpg>, 2013-11-12, 17:19.

2.2.3.2 Interne Zinsfußmethode

Diese Methode wird auch als Methode des internen Ertragssatzes, Barwertrentabilitätsmethode oder als DCF-Methode (Discounted-Cash-Flow-Methode) bezeichnet. Bei der internen Zinsfuß-Methode handelt es sich im Grunde um einen Zinsvergleich. Die Investition ist dann vorteilhaft, wenn der interne Zinssatz zumindest der Mindestzinsanforderung, welche vom Investor vorgegeben ist, entspricht.

Somit lautet das Kriterium der Zinsfußmethode: $r \geq i$

Dabei wird i so ermittelt, dass der Kapitalwert einer Investition gleich Null ist. Dies bedeutet, dass die barwertigen Einzahlungen gleich den barwertigen Auszahlungen sind.

Die Formel dazu lautet:

$$KW = -I + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^t} = 0$$

Wie schon bei vorherigen Investitionsrechenmethoden ergibt sich auch hier der Mindestzinssatz i aus einem Basiszinssatz und einem Risikozuschlag.

Ist der Kalkulationszinssatz gleich der Rendite, so erhält der Investor sein eingesetztes Kapital zurück, und die Verzinsung beträgt genau die Höhe der geforderten Mindestverzinsung.⁶⁵

Wenn $C_0 = 0$

Gilt:

$$i = r$$

Um den internen Zinssatz zu ermitteln, kann man auf zwei Varianten zurückgreifen:

- die grafische Methode
- die arithmetische Methode

2.2.3.2.1 Die grafische Methode

Für die grafische Lösung werden drei Kalkulationszinssätze angenommen und die Kapitalwerte berechnet. Berechnet man nur zwei Werte, wird die Krümmung der Kapitalwertkurve nicht berücksichtigt. Man erhält statt einer Kurve nur eine Gerade. Nach der Berechnung der Kapitalwerte werden die Ergebnisse in ein Koordinatensystem eingetragen. Die Rendite wird am Abszissenschnittpunkt abgelesen und mit dem Kalkulationszinssatz verglichen.⁶⁶

⁶⁵ vgl. Däumler, Grabe (2007), S. 85 ff.

⁶⁶ vgl. ebd., S. 89 ff.

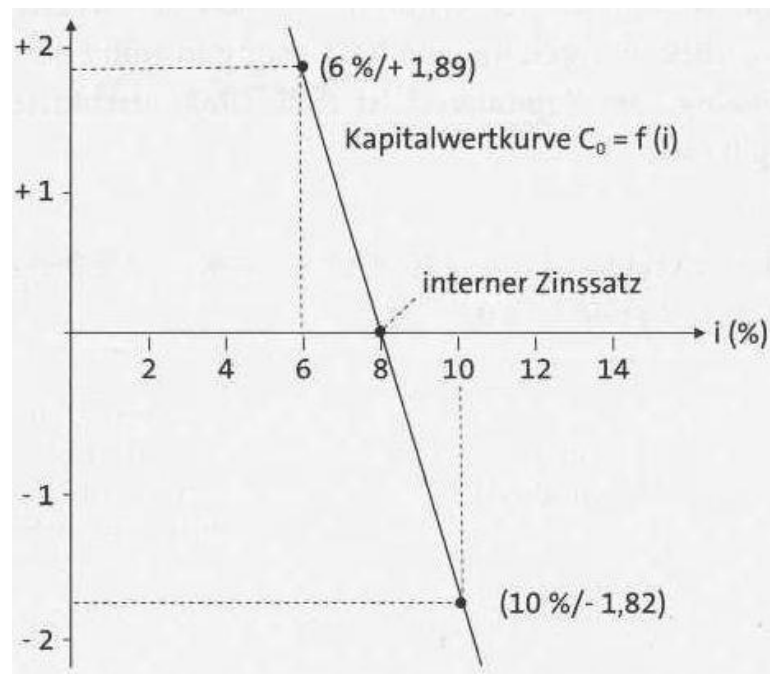


Abbildung 34: grafische Methode

Quelle: Däumler, Grabe: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung (2007), S. 90.

Wie man aus der obigen Abbildung gut erkennen kann, sinkt der Kapitalwert mit steigendem Zinssatz.

2.2.3.2.2 Arithmetische Methode

Um die Rendite arithmetisch zu ermitteln, wird folgende mathematische Formel angewendet:

$$i = r_1 - C_{01} \cdot \frac{r_2 - r_1}{C_{02} - C_{01}}$$

„Aufgrund des aufwendigen Rechenverfahrens bei mehrperiodigen Zahlungsströmen, ist zur Ermittlung des internen Zinsfußes die Interpolation als praktikable Näherungslösung zu empfehlen. Dabei werden zwei Zinssätze r_1 und r_2 frei gewählt, zu denen gemäß der Kapitalwertmethode die Kapitalwerte bestimmt werden. Durch Einsetzen dieser Werte in die Differenzen-Quotienten Formel ergibt sich der interne Zinsfuß (IZF).“⁶⁷

⁶⁷ http://finance.wiwi.tu-dresden.de/Wiki-fi/index.php/Interner_Zinsfuß, 2013-10-16, 13:14.

Umso näher die Versuchszinssätze bei der errechneten Rendite liegen, desto genauer ist das Ergebnis. So gesehen, kann es oft Sinn machen, eine zweite Berechnung mit genauer festgesetzten Versuchszinssätzen durchzuführen. Am sinnvollsten wäre natürlich, den internen Zinssatz direkt auszurechnen, dies ist leider mathematisch nicht möglich. Allerdings gibt es hierzu vier Sonderfälle, wo diese Berechnung möglich ist:

- Ewige Rente
- Restwertgleiche Anschaffungsauszahlung
- Restwertlose Investition
- Zweizahlungsfall

Da diese Sonderfälle in dieser Arbeit keine Relevanz haben, wird auf diese nicht weiter eingegangen.

2.2.3.3 **Annuitätenmethode**

Der Leitgedanke der Annuitätenmethode orientiert sich daran, dass ein Investor einem vollkommenen und unbeschränkten Kapitalmarkt gegenüber steht. Der Investor kann dementsprechend in beliebigem Umfang über finanzielle Mittel verfügen. Für seine Ergänzungs- und Finanzierungsinvestitionen gilt ein einheitlicher Kalkulationszinssatz.⁶⁸

Man beurteilt dabei eine Investition nach deren durchschnittlichen periodischen Ein- und Auszahlungen, welche finanzmathematisch korrekt ermittelt werden. Dabei ergeben sich zwei Probleme:

1. Wie verteilt man die Anschaffungsauszahlung unter Berücksichtigung von Zins und Zinseszins auf die festgelegte Nutzungszeit?
2. Wie verteilt man den Restwert unter Berücksichtigung von Zins und Zinseszins auf die Laufzeit der Investition?

Es handelt sich hierbei um so genannte Verrentungsprobleme.⁶⁹

⁶⁸ vgl. Kruschwitz (2009), S. 80 ff.

⁶⁹ vgl. Däumler, Grabe (2007), S. 126.

„Rente ist eine in gleichmäßigen Zeitabständen erfolgende meist gleichbleibende Zahlung. Verrentung ist die Umrechnung einer einmaligen Zahlung in eine Reihe gleicher Zahlungen.“⁷⁰

2.2.3.3.1 Verrentung einer heutigen Zahlung

Hierbei wird ein Barwert (K_0), welcher heute zur Verfügung steht, auf die jeweiligen Jahre aufgezinst. Dadurch ermittelt man die periodischen Auszahlungen, welche über den gesamten Zeitraum anfallen.

Die schon im Kapitel 2.2.3.1 behandelte Formel wird nach g aufgelöst.

$$K_0 = g \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

somit ergibt sich:

$$g = K_0 \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Der oben angeführte Bruch wird auch Kapitalwiedergewinnungsfaktor (KWF) genannt und bildet den Kehrwert des Diskontierungssummenfaktors. Mit diesem kann man jene Zahlungsreihe ermitteln, welche mit einer einmaligen, zum Zeitpunkt Null anfallenden Zahlung äquivalent ist.⁷¹

⁷⁰ Däumler, Grabe (2007), S. 126.

⁷¹ vgl. ebd., S. 126 ff.

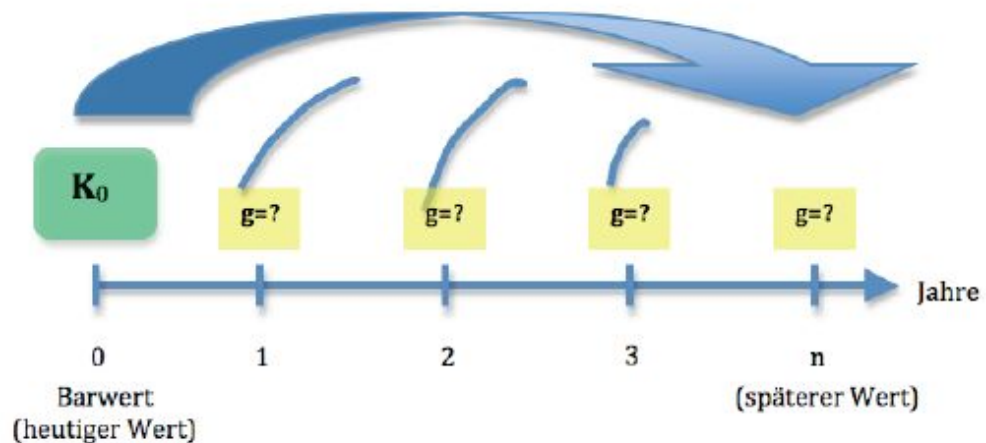


Abbildung 35: Verrentung einer heutigen Zahlung am Zeitstrahl

Quelle: <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/images/Annuitaetenmethode.jpg>, 2013-11-12, 17:22.

Diese Berechnungsart findet dann Anwendung, wenn man z. B. eine heute fällige Lebensversicherung verrenten, eine Anschaffungsauszahlung für ein Investitionsobjekt auf die Laufzeit umlegen oder die zu einem Darlehen gehörende Annuität ermitteln möchte.⁷²

2.2.3.3.2 Verrentung einer späteren Zahlung

Dabei wird ein angenommener Endwert (K_n), welcher nach n Jahren zur Verfügung steht, auf den Barwert (K_0) abgezinst. Dem folgend wird der Barwert auf die Nutzungsdauer aufgezinst, um die periodischen Beträge (g) zu erhalten. Wie man hier sieht, handelt es sich einerseits um die Abzinsung aus dem Kapitel der Kapitalwertmethode und anschließend um die Verrentung einer heutigen Zahlung.⁷³

Die Formel dazu lautet:

$$g = K_n \times \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

Wie auch bei der vorhergehenden Methode wird hier der obige Bruch vereinfacht und als Restwertverteilungsfaktor (RVF) bezeichnet.

⁷² vgl. Däumler, Grabe (2007), S. 127.

⁷³ vgl. <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/investition-finanzierung/Annuitaetenmethode.php>, 2013-10-17, 14:22.

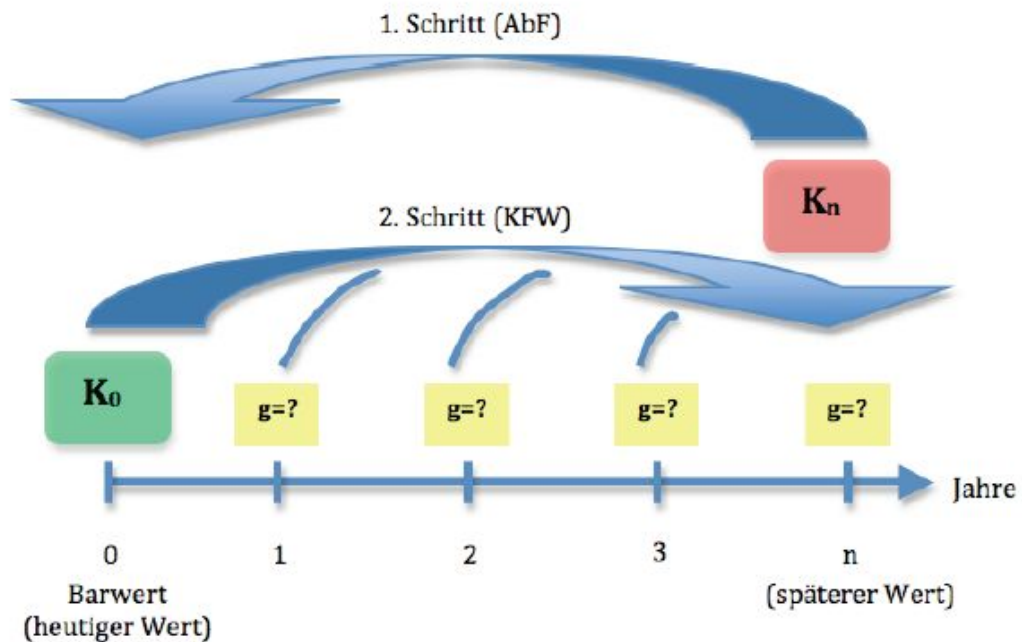


Abbildung 36: Verrentung einer späteren Zahlung am Zeitstrahl

Quelle: <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/images/verrentung.jpg>, 2013-11-12, 19:27.

Diese Methode findet vor allem dann Anwendung, wenn man den Restwert einer Investition auf die Nutzungsdauer verteilen, eine nach Ablauf der Investition fällige Abschlusszahlung auf die Produktionszahlung umlegen oder bei einem gegebenem Endkapital die Sparraten ermitteln möchte.⁷⁴

⁷⁴ vgl. <http://www.rechnungswesen-verstehen.de/investition-finanzierung/Annuitaetenmethode.php>, 17.10.2013-10-17, 14:56.

3 Die praktische Anwendung der Diplomarbeit

In dieser Diplomarbeit möchte ich einen wirtschaftlichen Vergleich einer Ölheizung zu einer Hybridheizung darstellen. Dabei wende ich ein statisches sowie ein dynamisches Rechenverfahren an. Mittels Amortisationsrechnung und interner Zinsfußmethode soll unter verschiedenen wirtschaftlichen Entwicklungen herausgefunden werden, welche Heizung für ein Einfamilienhaus die wirtschaftlich sinnvollste Lösung ist.

Ölheizungen sind in Österreich bis dato immer noch die häufigste Form der Gebäudeheizung, dies resultiert vor allem im billigen Heizölpreis der siebziger und achtziger Jahre. Heutzutage wird eine Ölheizung vor allem in der Sanierung noch öfters verbaut, im Neubau hingegen ist diese selten geworden.

Auf Grund dessen betrachten wir in dieser Diplomarbeit eine Heizungserneuerung bei einem zu sanierenden Einfamilienhaus. Es handelt sich dabei um ein typisches Haus, wie es in Ostösterreich oft im Vergleich auf Wohnnutzfläche und Bauform vorkommt.

3.1 Anwendungsfall

Wie oben schon erwähnt, handelt es sich um eine Altbausanierung. Eine vorhandene, in die Jahre gekommene Ölheizung soll ersetzt werden. Dabei ergeben sich zwei Investitionsalternativen: Eine moderne Brennwertölheizung oder eine Hybridheizung, basierend auf einer Luftwärmepumpe, gekoppelt mit einer Photovoltaikanlage. Man kann von einer mittleren Nutzungsdauer beider Geräte von mindestens 15 Jahren ausgehen.

3.1.1 Sanierungsobjekt

Dabei handelt es sich um ein Einfamilienhaus der Familie Gesswagner. Diese hat das Wohnhaus in 3033 Altlangbach, Niederösterreich im Jahr 2012 erworben. Das Gebäude ist Baujahr 1993 und soll saniert werden. Dabei werden räumliche Anpassungen vorgenommen und die Sanitärinstallation erneuert. Da der Wärmedämmwert dem aktuellen Standard entspricht, werden an der Fassade und der bestehenden Isolierung keine Maßnahmen vorgenommen.



Abbildung 37: Einfamilienhaus der Fam. Gesswagner

Quelle: eigene Darstellung

Folgende Sanierungsmaßnahmen werden umgesetzt:

- Entfernung der baulichen Abtrennung zwischen Wohnzimmer und Küche
- Entfernung des bestehenden Estrichs und Verlegung einer Fußbodenheizung
- Erneuerung der bestehenden Sanitärrohrinstallation
- Erweiterung der Elektroinstallation um Steuerungs- und Netzwerktechnik
- Erneuerung der Innenraumtüren
- Einbindung des bestehenden Brunnens in die Nutzwasseranlage
- Verlegung neuer Bodenbeläge in Folge des neuen Estrichs
- Erneuerung des bestehenden Zentralheizungssystems

3.1.2 Abgabesystem

Die bestehende Raumheizung mittels Plattenheizkörpern wird demontiert und im Gegenzug eine Fußbodenheizung installiert. Grund dafür ist vor allem die niedrigere benötigte Vorlauftemperatur und die damit erzielbare höhere Effizienz der Zentralheizung. Mit der alten Konstruktion mittels Radiatoren war die Vorlauftemperatur bei mindestens 60°C, bei

der geplanten Fußbodenheizung sollte sich diese auf 30°C reduzieren. Dabei wird auf der freigelegten Rohbetondecke eine 3cm dicke Rolljet-Isolierung und passende Wanddämmstreifen verlegt. Diese werden mittels Klebeband miteinander verbunden und gewährleisten, dass zum späteren Zeitpunkt die Estrichmasse nicht unter die Isolierung gelangt. Auf die Rolljet-Isolierung werden mittels Tackersystem die diffusionsdichten Kunststoffrohre mit Durchmesser 18mm in einem Verlegeabstand von 10cm fixiert. Dem folgend wird ein Fließestrich eingebracht. Dieser hat eine fertige Dicke von 6cm. Wichtig hierbei ist, dass nach eingebrachter Fußbodenheizung die Türstöcke noch ein ausreichendes Lichtprofil besitzen, da sich der Bodenaufbau um 3-4cm gegenüber der alten Konstruktion erhöht hat. Die Steigleitungen, welche die Fußbodenheizung mit der Wärmequelle verbinden, werden über einen Fußbodenheizungsverteiler pro Etage mit eigenen Vor- und Rücklaufleitungen in den Keller zum geplanten Schnittpunkt geführt. So ist es einfach möglich, eine der beiden beheizten Etagen abzuschalten, falls diese nicht benötigt wird. Außerdem wird auf jeden der beiden Fußbodenheizungsverteiler eine Raumtemperaturregelung installiert, welche über Funkempfänger in den jeweiligen Räumen manuell geregelt werden können. So kann man für jeden Raum eine individuelle Temperatur herstellen. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn man Wohn- von Schlafräumen temperaturbedingt trennen möchte, oder Räume nicht immer gleich beheizt werden müssen wie z.B. Gästezimmer.

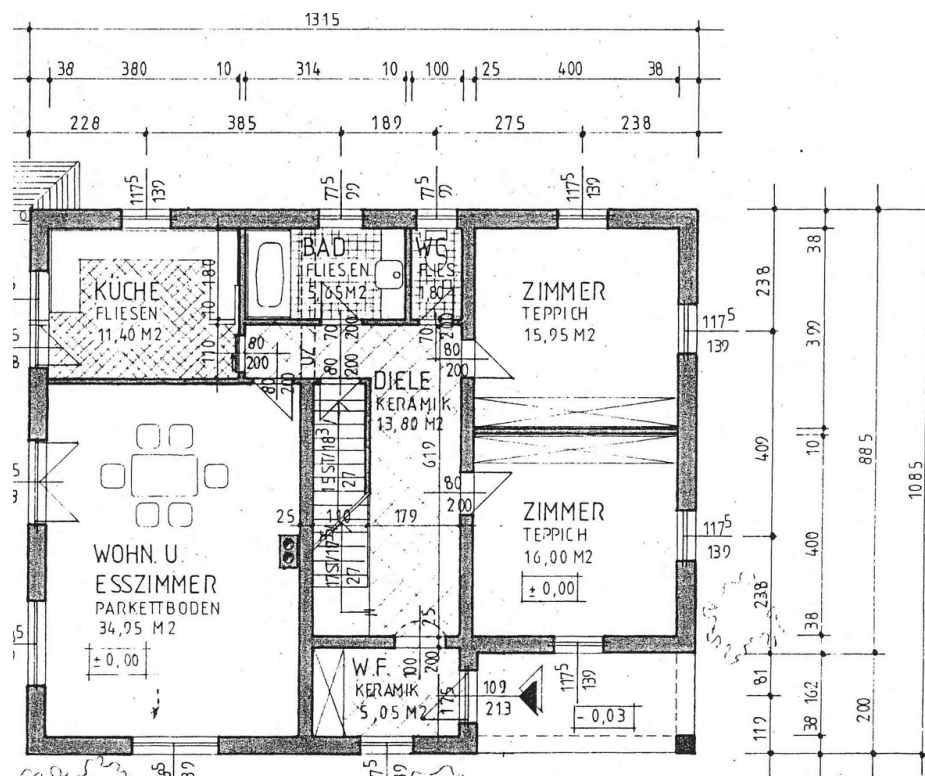


Abbildung 38: Erdgeschoss des Sanierungsobjekts

Quelle: Einreichplan des Gebäudes der Fam. Gesswagner

3.1.3 Vorhandene Infrastruktur

Da wir in dieser Diplomarbeit nur die Investitionsalternativen zur Zentralheizung untersuchen, gehen wir nicht auf die baulichen Gegebenheiten näher ein. Derzeit vorhanden ist eine Ölzentralheizung mit einer Leistung von 25kW. Diese ist Baujahr 1993 und damit an deren maximalen Nutzungsdauer angekommen. Da sich auch im Laufe der Zeit die Effizienz der Ölheizung enorm verbessert hat, wird diese erneuert. Angeschlossen ist diese Ölheizung an einen gemauerten Rauchfang mit 15cm Durchmesser. Als Ölvorrat dienen zwei Kunststofftanks mit je 1500 Liter Inhalt. Diese sind in einem flüssigkeitsdichten Lagerraum untergebracht.

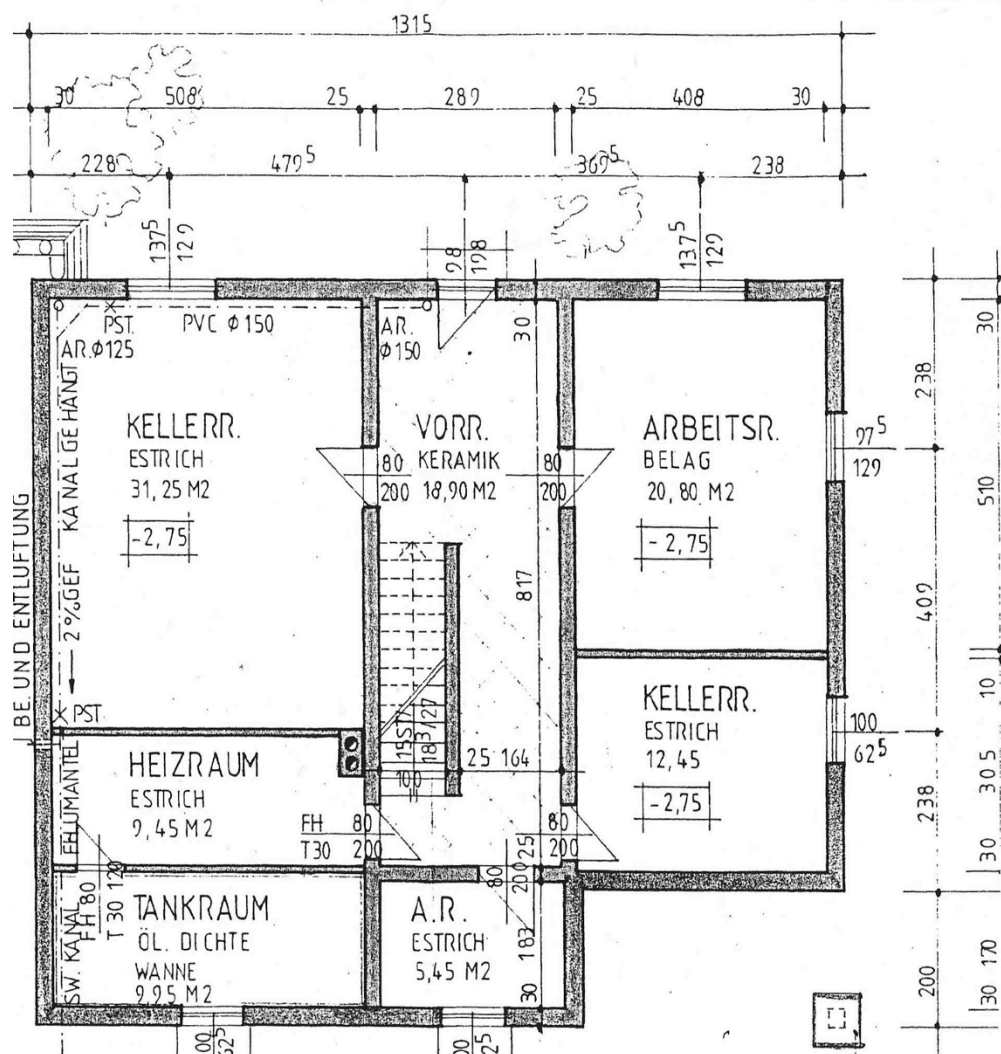


Abbildung 39: Kellergeschoss des Einfamilienhauses

Quelle: Einreichplan des Gebäudes der Fam. Gesswagner

Unabhängig der beiden Investitionsalternativen muss die bestehende Ölzentralheizung inklusive Verrohrung und Steuerung entfernt werden. Auch muss der Öllagerraum gereinigt werden und das vorhandene Heizöl abgepumpt werden.

Sollte bei den nachstehenden Berechnungen auf die Investitionsalternative „neue Ölheizung“ fallen, so sind folgende Adaptionen notwendig:

- Reinigen des Öllagerraums
- Erneute Dichtheitsprüfung des Öllagerraums
- Adaptierung des bestehenden Rauchfangs durch Einbau von Edelstahlrohren. Aufgrund der niedrigeren Abgastemperatur des neuen Geräts kann Kondensat im Rauchfang anfallen. Ohne diese Vorkehrung würde das Gemäuer feucht werden.

Ist jedoch die Investitionsalternative „Hybridheizung“ zu bevorzugen, müssen folgende Sanierungsschritte zusätzlich ausgeführt werden:

- Entfernung der Öltanks
- Entfernung der Sicherheitstür zum Öllagerraum
- Nutzbarmachung des Öllagerraums zum Vorratsraum
- Errichtung eines Streifenfundaments im Außenbereich für die Wärmepumpe

Wie aus der obigen Beschreibung ersichtlich, hätte die Installation einer Hybridheizung den Vorteil eines Raumgewinns von ca. 15m². Theoretisch hätte man hier einen Mehrwert von ca. 15.000 Euro, berechnet durch typische Kosten der Kellerfläche von 1000 Euro pro m². Diese werden in jedoch in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

3.1.4 Bauliche Gegebenheiten

Das Einfamilienhaus liegt im Gebiet des Wiener Walds und ist relativ dünn besiedelt. Aufgrund der exponierten, ländlichen Lage ist keine Versorgung mittels Erdgas oder Fernwärme vorhanden. Da das Grundstück mit ca. 1500 m² relativ groß ist, ist der Einsatz einer Luftwärmepumpe im Außenbereich bedenkenlos möglich. Wie im unteren Bild ersichtlich, ist der Garten bereits angelegt, daher scheiden eine Wärmepumpe mit einem Flächenkollektor oder einer Tiefenbohrung aus. Aus diesem Grund ist auch ein vergrabener Flüssiggastank für eine eventuelle Gaszentralheizung nicht möglich. Für Zentralheizungen mit Stückholz oder Kohle fehlt der Lagerraum. Der Öllagerraum wäre hierfür zu

klein und zur einfachen Befüllung nicht geeignet. Aus diesem Grund stehen nur die zwei Investitionsalternativen zur Verfügung.

Der Heizwärmebedarf des Einfamilienhauses beträgt laut berechnetem Energieausweis $64 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Bei einer Nutzfläche von 105m^2 im Erdgeschoss und 98m^2 im Dachgeschoss ergibt sich eine beheizte Gesamtfläche von 203m^2 . Der Energiebedarf der Raumheizung summiert sich somit auf 12992 kWh/a . Der Energieaufwand für die Warmwasserbereitung beträgt laut Energieausweis 5251 kWh/a . Somit errechnet sich ein Gesamtenergiebedarf von 18243 kWh/a . Um diese Wärmeenergie zu liefern, muss die Zentralheizung mit einer Leistung von $14,8 \text{ kW}$ dimensioniert sein.



Abbildung 40: Lage des Hauses

Quelle: Google Maps, 23.10.2013, 18:44.

3.1.5 Umweltschutzauflagen

Da die Umweltschutzauflagen bereits mit dem Neubau erfüllt sein müssen und mit der Sanierung keine gravierende Änderung stattfindet, sind keine besonderen Maßnahmen diesbezüglich notwendig.

3.2 Anwenden der Investitionsrechnungen auf mehrere Fälle

Um die Investitionsrechnungen anwenden zu können, müssen wir die nötigen Variablen definieren.

Zur Investitionsalternative A: Ölheizung

- Der Anschaffungswert der Ölzentralheizung inklusive Warmwasserbereitung und aller notwendigen Installationen und Überprüfungen beträgt 8900 Euro.
- Die Arbeiten für die Rauchfangsanierung belaufen sich auf 2000 Euro.
- Die Ölindustrie fördert die Neuanschaffung einer modernen Ölheizung in diesem Falle mit 2000 Euro.
- Die gesamten Anschaffungskosten der Ölzentralheizung belaufen sich demnach auf 8900 Euro inkl. Mwst.
- Bei einem Gesamtwärmebedarf von 18243 kWh/a, einem Brennerwirkungsgrad von 90% und einem Energiegehalt von 10,7 kWh von einem Liter Heizöl EL schwefelarm ergibt sich ein Heizölbedarf von 1535 Litern.
- Die jährliche Wartungsgebühr beträgt ca. 300 Euro.
- Die Kosten für den Rauchfangkehrer belaufen sich jährlich auf ca. 30 Euro.
- Der aktuelle Bezugspreis (Stand Oktober 2013) beträgt 0,95 Euro pro Liter.

Zur Investitionsalternative B: Hybridheizung

- Die Anschaffungskosten für die Hybridheizung inklusive aller notwendigen Installationen beträgt 19430 Euro.
- Das Entfernen der Öltanks und Rückbau des Öllageraums beträgt 400 Euro.
- Die Errichtung des Streifenfundaments für die Wärmepumpe aus Beton kostet ca. 300 Euro.
- Die elektrischen Installationen für die Photovoltaikanlage zum Zählerkasten inklusive Einreichung bei den Behörden betragen 500 Euro.

- Die gesamten Anschaffungskosten betragen für die Investition B somit 20630 Euro inklusive Mehrwertsteuer.
- Bei einem Gesamtwärmebedarf von 18243 kWh/a und einer Jahresarbeitszahl von 4,03 beträgt die benötigte Strommenge 4527 kWh/a.
- Der jährliche Ertrag der Photovoltaikanlage mit einer installierten Leistung von 1,17 kWp beträgt 966 kWh/a.
- Somit ergibt sich ein jährlicher Energienettobezug von 3561 kWh/a.
- Die jährlichen Wartungskosten belaufen sich auf ca. 150 Euro.
- Der aktuelle Strombezugspreis (Stand Oktober 2013) beläuft sich auf 13,12 Cent/kWh.

In den nachfolgenden Punkten werden 3 Szenarien durchgerechnet. Dabei kommt, wie schon erwähnt, die Berechnung mittels Amortisationsrechnung und der internen Zinsfußmethode zum Einsatz.

3.2.1 Der Öl- und Strompreis entwickelt sich nach Durchschnittswerten

Die Durchschnittswerte errechnen sich aus ermittelten statistischen Daten. Diese werden für die Preisentwicklungen des Heizöls und des elektrischen Stroms aus den jeweiligen, verfügbaren Datenbanken entnommen.

Zum Zeitpunkt 23.10.2013 kostet ein Liter Heizöl EL schwefelarm bei einer Abnahme von 3000 Litern zugestellt inkl. Mwst. 0,95 Euro (Quelle: <http://www.fastenergy.at>, 23.10.2013).

Zum Zeitpunkt 23.10.2003 belief sich der Ölpreis pro Liter auf 0,42 Euro. Die Preissteigerung wird mit der Formel: $K_n = K_0 \cdot (1 + i)^n$ aus der Kapitalbarwertmethode nach i aufgelöst. Berechnet ergibt dies eine jährliche Steigerung von 8,5%.



Abbildung 41: Preisentwicklung von Heizöl EL

Quelle: http://www.fastenergy.at/GLOBAL_PICS/chart_5jahre_at.png, 2013-11-12, 19:30.

Zum Zeitpunkt 23.10.2013 kostet eine kWh el. Strom inkl. Mwst. und Netzkosten 13,12 Eurocent (Quelle: Energie Burgenland AG, Stromtarif Optima Wärme, Stand 23.10.2013).

Berechnet man nach der unten abgebildeten Statistik den Strompreisverlauf aufgrund der Entwicklung am Verbraucherpreisindex, so ermittelt man im Oktober 2003 einen Wert von 54,26 und im Oktober 2013 einen Wert von 77,68. Auch hier wenden wir die gleiche Formel wie beim Heizöl an und ermitteln eine Steigerung von 3,7% über 10 Jahre Betrachtungszeitraum.

Entwicklung des Österreichischen Strompreisindex

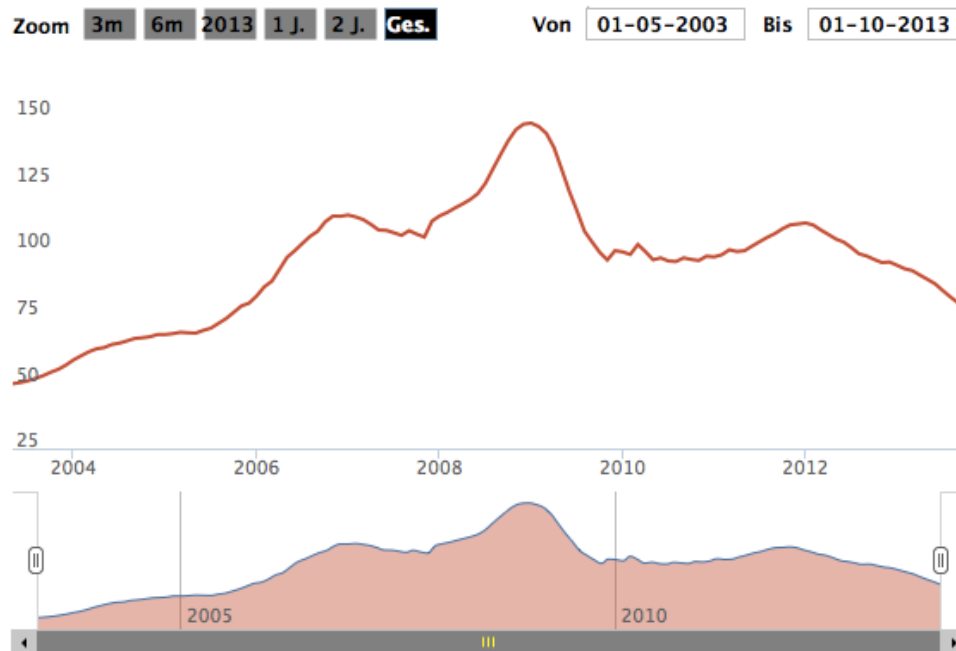


Abbildung 42: Entwicklung des Strompreises

Quelle: <http://www.energyagency.at/fakten-service/energie-in-zahlen/strompreisindex/chart-strompreisindex.html>, 2013-10-25, 17:45

3.2.1.1 Ermittlung mittels Amortisationsrechnung

Für die Amortisationsrechnung werden folgende Parameter festgesetzt:

- Die Nutzungsdauer ist festgelegt mit 15 Jahren.
- Da hier das Entscheidungsmodell für eine Privatperson betrachtet wird, gibt es keine Abschreibung der Anlage.
- Der Restwert beläuft sich bei beiden Anlagen auf 0 Euro.

Investition A (Ölzentralheizung):

Die periodischen Rückflüsse (GvZ_A) belaufen sich, summiert man Heizölbedarf, Rauchfangkehrer und Wartung, auf: 1535 Liter Heizöl EL schwefelarm * 0,95 Euro + 30 Euro + 300 Euro = -1788,25 Euro.

Die Anschaffungsausgabe (KE_A) beträgt 8900 Euro.

Investition B (Hybridheizung):

Die periodischen Rückflüsse (GVZ_B) ergeben, beachtet man den Strombedarf und Wartung, auf: $3561 \text{ kWh/a Strom} \cdot 0,1312 \text{ Euro} + 150 \text{ Euro} = 617,21 \text{ Euro}$.

Die Anfangsinvestition (KE_B) beläuft sich auf 20630 Euro.

Würde man jetzt jede Investition auf ihre Amortisationszeit hin untersuchen wollen, hätte man das Problem, dass eine Amortisation im Unendlichen liegen würde. Dies begründet sich dadurch, dass zur Anfangsinvestition keine positiven, sondern nur negative Erlöse (Verluste) hinzukommen.

Um herauszufinden, ob und wann eine Hybridheizung wirtschaftlich einen Vorteil gegenüber der Ölzentralheizung aufweist, müssen wir hier mit den Differenzen der beiden Heizungssysteme arbeiten. Hierbei ist es wichtig, jene Investitionsalternative zu betrachten, welche einen positiven Erlös vorweist.

Die jährlichen Kosten betragen für die Investition A 1788,25 Euro, subtrahiert man nun die Kosten für Investition B von 617,21 Euro ergibt sich eine Ersparnis für Investition B von 1171,04 Euro. Diese Ersparnis kann man dann als „Erlös“ betrachten.

Die Anschaffungskosten belaufen sich für Investition B auf 20630 Euro, zieht man hier die Anschaffungsausgabe von A mit 8900 Euro ab, so erhält man eine Differenz von 11730 Euro. Diese 11730 Euro ist Investition B teurer als Investition A. Diesen Betrag betrachten wir nun als Investitionskosten.

Dies ist in diesem Falle möglich, da es zwingend erforderlich ist, eine neue Zentralheizung anzuschaffen, und eine der beiden Investitionsalternativen gewählt werden muss. Daher untersuchen wir hier, ob der höhere Anschaffungspreis der Investition B sich innerhalb der 15 Jahre Nutzungsdauer wirtschaftlich rechnet.

In die Formel eingesetzt errechnet sich folgender Wert:

$$t = \frac{\text{Anschaffungsausgabe}}{\text{durchschnittlicher Rückfluss pro Jahr}} = \frac{KE - RW}{GvZ + AfA}$$

$$t = \frac{11730}{1171,04} = 10,02 \text{ Jahre}$$

Wie man dem Ergebnis entnehmen kann, amortisiert sich die Investition B (Hybridheizung) gegenüber A (Ölheizung) nach ca. 10 Jahren und ist damit, über die Laufzeit von 15 Jahren gesehen, die günstigere Investition.

3.2.1.2 Berechnung mit der internen Zinsfußmethode

Für die Methode des internen Zinsfußes definieren wir folgende Parameter:

Die Nutzungsdauer (T) beträgt für beide Heizungen 15 Jahre.

Für die Investition A (Ölheizung) gilt:

Der Cashflow (Ct) beträgt für Heizöl 1458,25 Euro und Wartung 330 Euro.

Die Investition (I) beläuft sich auf 8900 Euro.

Die jährliche Preissteigerung für Heizöl EL schwefelarm beträgt 8,5%, während die Steigerung für Wartung sich an der Inflationsrate von 3% orientiert.

Für die Investition B (Hybridheizung) gilt:

Der Cashflow (Ct) beläuft sich auf 467,20 Euro Stromkosten und 150 Euro für Wartung.

Die Investition (I) summiert sich auf 20630 Euro.

Die jährliche Preissteigerung für el. Strom ist durchschnittlich 3,7%. Für die Wartung werden auch hier 3% herangezogen.

Um hier den internen Zinsfuß zu ermitteln, sind folgende Schritte notwendig. Erstens gilt es zu definieren, wie diese Methode angewandt werden muss, um ein brauchbares Ergebnis zu erzielen. Da hier keine positiven Cashflows den Investitionskosten gegenüberstehen, würde dementsprechend kein Ergebnis nach dieser Methode zu erwarten sein. Daher wenden wir auch hier wieder die Vorgehensweise ähnlich der statischen Amortisationsrechnung an: Da eine der beiden Investitionsarten notwendig ist, fokussieren wir uns auf die Investitions- und Cashflow Differenz. Im Gegensatz zu der oben beschriebenen statischen Methode, werden hier der Zinssatz und die Nutzungsdauer in die Berechnung miteinbezogen. Da jedoch für die beiden Investitionsalternativen verschiedene Zinssätze verwendet werden, muss der Cash Flow für die jeweiligen Beträge extra errechnet werden. So sind nicht nur die Zinssätze zu den Investitionen unterschiedlich, auch existieren jeweils zwei Zinssätze für jede Anschaffungsalternative. Dies muss in der Berechnung berücksichtigt werden.

Um die Cash Flows (C_t) der Investition für alle Perioden bis zum Nutzungsmaximum zu ermitteln, werden die einzelnen Beträge summiert:

$$C_{tA} = C_{0\text{Heizöl}} \cdot (1 + i_{\text{Heizöl}})^n + C_{0\text{Wartung}} \cdot (1 + i_{\text{Wartung}})^n$$

Gleiches passiert auch bei Investition B:

$$C_{tB} = C_{0\text{Strom}} \cdot (1 + i_{\text{Strom}})^n + C_{0\text{Wartung}} \cdot (1 + i_{\text{Wartung}})^n$$

Um C_t zu ermitteln, wird nun von C_{tA} der Wert von C_{tB} subtrahiert. So erhalten wir eine Differenz, welche in der Methode als Cash Flow verwendet wird.

Um die Investition (I) zu berechnen, wird der von der Investition B der Anschaffungswert der Investition A abgezogen.

$$I = I_B - I_A$$

Basierend auf der Formel:

$$KW = -I + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^t} = 0$$

werden für i je zwei Versuchszinssätze (r_1 und r_2) definiert. Dabei sollte ein daraus resultierender Kapitalwert positiv und einer negativ sein. Umso näher die Kapitalwerte bei Null sind, umso genauer wird das Ergebnis.

Anschließend berechnet man i mittels der unten stehenden Formel. Der Kapitalwert (KW_n) wird in unten stehender Formel als C_n bezeichnet.

$$i = r_1 - C_{01} \cdot \frac{r_2 - r_1}{C_{02} - C_{01}}$$

Jahr	Cash Flow	Investitionsalternative						Differenz B zu A	Beträge bei Versuchszinssatz r_1	Beträge bei Versuchszinssatz r_2
		A			B					
		Energie	W&I	Summe	Energie	W&I	Summe			
0	C ₀	€ 8.900	€ 0	€ 8.900	€ 20.630	€ 0	€ 20.630	-€ 11.730		
1	C ₁	€ 1.582	€ 481	€ 2.063	€ 484	€ 155	€ 639	€ 1.424	€ 1.250	€ 1.187
2	C ₂	€ 1.717	€ 496	€ 2.212	€ 502	€ 159	€ 662	€ 1.551	€ 1.193	€ 1.077
3	C ₃	€ 1.863	€ 511	€ 2.373	€ 521	€ 164	€ 685	€ 1.688	€ 1.139	€ 977
4	C ₄	€ 2.021	€ 526	€ 2.547	€ 540	€ 169	€ 709	€ 1.838	€ 1.088	€ 886
5	C ₅	€ 2.193	€ 542	€ 2.734	€ 560	€ 174	€ 734	€ 2.000	€ 1.039	€ 804
6	C ₆	€ 2.379	€ 558	€ 2.937	€ 581	€ 179	€ 760	€ 2.177	€ 992	€ 729
7	C ₇	€ 2.581	€ 575	€ 3.156	€ 602	€ 184	€ 787	€ 2.369	€ 947	€ 661
8	C ₈	€ 2.801	€ 592	€ 3.393	€ 625	€ 190	€ 815	€ 2.578	€ 904	€ 600
9	C ₉	€ 3.039	€ 610	€ 3.648	€ 648	€ 196	€ 844	€ 2.805	€ 862	€ 544
10	C ₁₀	€ 3.297	€ 628	€ 3.925	€ 672	€ 202	€ 873	€ 3.051	€ 823	€ 493
11	C ₁₁	€ 3.577	€ 647	€ 4.224	€ 697	€ 208	€ 904	€ 3.320	€ 785	€ 447
12	C ₁₂	€ 3.881	€ 666	€ 4.548	€ 723	€ 214	€ 936	€ 3.611	€ 750	€ 405
13	C ₁₃	€ 4.211	€ 686	€ 4.897	€ 749	€ 220	€ 970	€ 3.928	€ 715	€ 367
14	C ₁₄	€ 4.569	€ 707	€ 5.276	€ 777	€ 227	€ 1.004	€ 4.272	€ 682	€ 333
15	C ₁₅	€ 4.958	€ 728	€ 5.686	€ 806	€ 234	€ 1.039	€ 4.646	€ 651	€ 302
Summe:								€ 13.820	€ 9.810	

Tabelle 3: Berechnete Daten zu Kap. 3.2.1

Quelle: eigene Darstellung.

Zinssätze		Energiekosten		Berechnungen	
Investition A		A	€ 1.458,25	Kapitalwert für r_1 & r_2	
$i_{\text{Heizöl}}$	8,5%	B	€ 467,20	KW1	€ 2.090
i_{Wartung}	3,0%	Wartung & Instandhaltung		KW2	-€ 1.920
Investition B		A	€ 330,00	interner Zinsfuß i	
i_{Strom}	3,7%	B	€ 150,00	i	17,13%
i_{Wartung}	3,0%				
Vers.zinssatz r_1	14%				
Vers.zinssatz r_2	20%				

Tabelle 4: Parameter zu Kap. 3.2.1

Quelle: eigene Darstellung.

Wie aus der Tabelle sichtbar, beläuft sich die Rendite auf die Mehrkosten der Investition B zur Investition A auf jährlich 17,13%. Somit ist die Investition B Hybridheizung aus wirtschaftlicher Sicht zu bevorzugen.

3.2.2 Der Ölpreis sinkt gegenüber dem Strompreis

In diesem Szenario entwickelt sich der Ölpreis gegenüber dem Strompreis rückläufig. Gründe dafür könnten sein, dass sich die Wirtschaft nicht erholt und der Ölpreis annähernd konstant bleibt, oder sich wie in Deutschland die Strompreise aufgrund hoher Förderungen von erneuerbaren Energien stärker nach oben orientieren. Gegenüber dem Kapitel 3.2.1 werden bis auf die Zinssätze für Heizöl und elektrischem Strom die Werte 1:1 übernommen.

3.2.2.1 Ermittlung mittels Amortisationsrechnung

Da die veränderten Zinssätze bei der statischen Amortisationsrechnung keine Anwendung finden, ist das Ergebnis gleich dem des Kapitels 3.2.1.1 und beläuft sich auf ca. 10 Jahre.

3.2.2.2 Berechnung mit der internen Zinsfußmethode

Alle Werte, außer den Zinssätzen für Heizöl und Strom, werden übernommen. Der Zinssatz für Heizöl EL schwefelarm wird bei dieser Berechnung mit 2,0% angenommen, der für Strom mit 7,0%.

Jahr	Cash Flow	Investitionsalternative						Differenz B zu A	Beträge bei Versuchs zinssatz r_1	Beträge bei Versuchs zinssatz r_2
		A			B					
		Energie	W&I	Summe	Energie	W&I	Summe			
0	C ₀	€ 8.900	€ 0	€ 8.900	€ 20.630	€ 0	€ 20.630	-€ 11.730		
1	C ₁	€ 1.487	€ 481	€ 1.969	€ 500	€ 155	€ 654	€ 1.314	€ 1.240	€ 1.217
2	C ₂	€ 1.517	€ 496	€ 2.013	€ 535	€ 159	€ 694	€ 1.319	€ 1.174	€ 1.131
3	C ₃	€ 1.548	€ 511	€ 2.058	€ 572	€ 164	€ 736	€ 1.322	€ 1.110	€ 1.049
4	C ₄	€ 1.578	€ 526	€ 2.104	€ 612	€ 169	€ 781	€ 1.323	€ 1.048	€ 972
5	C ₅	€ 1.610	€ 542	€ 2.152	€ 655	€ 174	€ 829	€ 1.322	€ 988	€ 900
6	C ₆	€ 1.642	€ 558	€ 2.200	€ 701	€ 179	€ 880	€ 1.320	€ 930	€ 832
7	C ₇	€ 1.675	€ 575	€ 2.250	€ 750	€ 184	€ 935	€ 1.315	€ 875	€ 767
8	C ₈	€ 1.709	€ 592	€ 2.300	€ 803	€ 190	€ 993	€ 1.308	€ 820	€ 706
9	C ₉	€ 1.743	€ 610	€ 2.352	€ 859	€ 196	€ 1.055	€ 1.298	€ 768	€ 649
10	C ₁₀	€ 1.778	€ 628	€ 2.405	€ 919	€ 202	€ 1.121	€ 1.285	€ 717	€ 595
11	C ₁₁	€ 1.813	€ 647	€ 2.460	€ 983	€ 208	€ 1.191	€ 1.269	€ 668	€ 544
12	C ₁₂	€ 1.849	€ 666	€ 2.516	€ 1.052	€ 214	€ 1.266	€ 1.249	€ 621	€ 496
13	C ₁₃	€ 1.886	€ 686	€ 2.573	€ 1.126	€ 220	€ 1.346	€ 1.226	€ 575	€ 451
14	C ₁₄	€ 1.924	€ 707	€ 2.631	€ 1.205	€ 227	€ 1.432	€ 1.199	€ 530	€ 408
15	C ₁₅	€ 1.963	€ 728	€ 2.690	€ 1.289	€ 234	€ 1.523	€ 1.168	€ 487	€ 368
Summe:								€ 12.553	€ 11.087	

Tabelle 5: Berechnete Daten zu Kap. 3.2.2

Quelle: eigene Darstellung.

Zinssätze		Energiekosten		Berechnungen	
Investition A		A	€ 1.458,25	Kapitalwert für r_1 & r_2	
$i_{\text{Heizöl}}$	2,0%	B	€ 467,20	KW1	€ 823
i_{Wartung}	3,0%	Wartung & Instandhaltung		KW2	-€ 643
Investition B		A	€ 330,00	interner Zinsfuß i	
i_{Strom}	7,0%	B	€ 150,00	i	7,12%
i_{Wartung}	3,0%				
Vers.zinssatz r_1	6%				
Vers.zinssatz r_2	8%				

Tabelle 6: Parameter zu Kap. 3.2.2

Quelle: eigene Darstellung.

Wie man dieser Berechnung entnehmen kann, verändert sich der interne Zinsfuß von vormals 17,13% auf 7,12%. Die jährliche Rendite auf die Differenz der Anschaffungswerte von Investition B zu Investition A ist somit bedeutend kleiner, aber immer noch (ohne Betrachtung des erf. Mindestzinssatzes) wirtschaftlicher.

3.2.3 Der Ölpreis steigt gegenüber dem Strompreis

In diesem Kapitel entwickelt sich der Strompreis gegenüber dem Ölpreis rückläufig. Ausschlaggebend könnten folgende Faktoren sein:

- Da der Anteil an erneuerbarer Energie steigt und das Produktionsmaximum mit dem Verbrauchsmaximum ziemlich übereinstimmt, muss weniger teurer Spitzenstrom zugekauft werden. Dadurch steigt der Strompreis nicht mehr so stark an.
- Das Ölfördermaximum für leicht förderbares Öl ist erreicht. Da der Verbrauch aber nicht proportional abnimmt, sondern zunimmt, steigt der Preis für Öl aufgrund der hohen Nachfrage stärker.

Wie auch im Kapitel 3.2.2 verändern sich nur die Zinssätze für Heizöl und elektrischen Strom. Alle anderen Werte bleiben unverändert.

3.2.3.1 Ermittlung mittels Amortisationsrechnung

Auch hier werden finden die veränderten Zinssätze bei der statischen Amortisationsrechnung keine Anwendung. Das Ergebnis bleibt gleich dem Kapitel 3.2.1.1 und beläuft sich auf ca. 10 Jahre.

3.2.3.2 Berechnung mit der internen Zinsfußmethode

Alle Werte bis auf die Zinssätze für Heizöl und Strom werden aus dem Kapitel 3.2.1.2 übernommen. Der neu ermittelte Zinsfuß für Heizöl beträgt 11% und für Elektrizität 2,3%.

Jahr	Cash Flow	Investitionsalternative						Differenz B zu A	Beträge bei Versuchs zinssatz r_1	Beträge bei Versuchs zinssatz r_2
		A			B					
		Energie	W&I	Summe	Energie	W&I	Summe			
0	C ₀	€ 8.900	€ 0	€ 8.900	€ 20.630	€ 0	€ 20.630	-€ 11.730		
1	C ₁	€ 1.619	€ 481	€ 2.100	€ 478	€ 155	€ 632	€ 1.467	€ 1.244	€ 1.223
2	C ₂	€ 1.797	€ 496	€ 2.292	€ 489	€ 159	€ 648	€ 1.644	€ 1.181	€ 1.142
3	C ₃	€ 1.994	€ 511	€ 2.505	€ 500	€ 164	€ 664	€ 1.841	€ 1.120	€ 1.065
4	C ₄	€ 2.214	€ 526	€ 2.740	€ 512	€ 169	€ 681	€ 2.059	€ 1.062	€ 993
5	C ₅	€ 2.457	€ 542	€ 2.999	€ 523	€ 174	€ 697	€ 2.302	€ 1.006	€ 925
6	C ₆	€ 2.728	€ 558	€ 3.285	€ 535	€ 179	€ 715	€ 2.571	€ 952	€ 861
7	C ₇	€ 3.028	€ 575	€ 3.602	€ 548	€ 184	€ 732	€ 2.870	€ 901	€ 801
8	C ₈	€ 3.361	€ 592	€ 3.952	€ 560	€ 190	€ 750	€ 3.202	€ 852	€ 745
9	C ₉	€ 3.730	€ 610	€ 4.340	€ 573	€ 196	€ 769	€ 3.571	€ 805	€ 692
10	C ₁₀	€ 4.141	€ 628	€ 4.768	€ 586	€ 202	€ 788	€ 3.980	€ 761	€ 643
11	C ₁₁	€ 4.596	€ 647	€ 5.243	€ 600	€ 208	€ 808	€ 4.435	€ 718	€ 597
12	C ₁₂	€ 5.102	€ 666	€ 5.768	€ 614	€ 214	€ 828	€ 4.940	€ 678	€ 554
13	C ₁₃	€ 5.663	€ 686	€ 6.349	€ 628	€ 220	€ 848	€ 5.501	€ 640	€ 514
14	C ₁₄	€ 6.286	€ 707	€ 6.992	€ 642	€ 227	€ 869	€ 6.123	€ 603	€ 477
15	C ₁₅	€ 6.977	€ 728	€ 7.705	€ 657	€ 234	€ 891	€ 6.814	€ 569	€ 442
								Summe:	€ 13.092	€ 11.674

Tabelle 7: Berechnete Daten zu Kap. 3.2.3

Quelle: eigene Darstellung.

Zinssätze		Energiekosten		Berechnungen	
Investition A		A	€ 1.458,25	Kapitalwert für r_1 & r_2	
$i_{\text{Heizöl}}$	11,0%	B	€ 467,20	KW1	€ 1.362
i_{Wartung}	3,0%	Wartung & Instandhaltung		KW2	-€ 56
Investition B		A	€ 330,00	interner Zinsfuß i	
i_{Strom}	2,3%	B	€ 150,00	i	19,92%
i_{Wartung}	3,0%				
Vers.zinssatz r_1	18%				
Vers.zinssatz r_2	20%				

Tabelle 8: Parameter zu Kap. 3.2.3

Quelle: eigene Darstellung.

Das Ergebnis aus der obigen Tabelle spricht eindeutig für die Investitionsalternative B, die Hybridheizung. Der Zinsfuß entspricht 19,92% auf die Differenz der Anschaffungskosten für Investition B zu A.

3.3 Marktpotenzial

Ein nicht zu unterschätzendes Kriterium bei der Auswahl einer Heizungsart im privaten Bereich ist die Marktdurchdringung. Umso mehr Geräte der Heizungsart in Haushalten verbaut sind, umso leichter fällt die Entscheidung zugunsten dieser Heizung. Es gilt als sicher, dass eine Stückholzheizung von der Technik her ausgereift ist und ohne Probleme im Einfamilienhausbereich eingesetzt werden kann. Allerdings sind Märkte auch begrenzt. Einerseits durch die Anzahl der Haushalte, andererseits durch die einzelnen Einschränkungen der Haushalte.

Ölzentralheizungen finden vor allem im ländlichen Raum Verwendung, wo hingegen in Ballungsgebieten eher Fernwärme und Gasthermen installiert werden.

Ein Merkmal der Wärmepumpentechnik ist die breite Einsatzmöglichkeit, welche Verwendung in ländlichen Einfamilienhäusern und auch in städtischen Mehrparteienwohnhäusern findet. Ein Nachteil der Wärmepumpe ist allerdings die bedingte Eignung in älteren Häusern. Wichtig ist hierbei immer die benötigte Vorlauftemperatur. Diese darf nicht über 55°C liegen. Die Ölzentralheizung hingegen kann hingegen auch höhere Vorlauftemperaturen bereitstellen.

Ein großer Nachteil der Wärmepumpen liegt auch daran, dass es nur schwer verständlich ist, warum aus einem niedrigen Temperaturniveau (Außenluft im Winter) die erforderliche Heiztemperatur erzeugt werden kann. Bei der Ölheizung hingegen brennt ein Feuer, hier ist die Nachvollziehbarkeit weitaus mehr gegeben.

3.3.1 Installierte Ölheizungen, Stand 2011/12

Laut Statistik Austria (Stand Juni 2013) sind nach derzeitigem Stand in Österreich 805.595 Ölheizungen bei privaten Haushalten in Verwendung. Im Vergleich zu den Vorjahren sinkt der Bestand immer weiter.

Energieträgerereinsatz für Raumheizung 2003 bis 2012

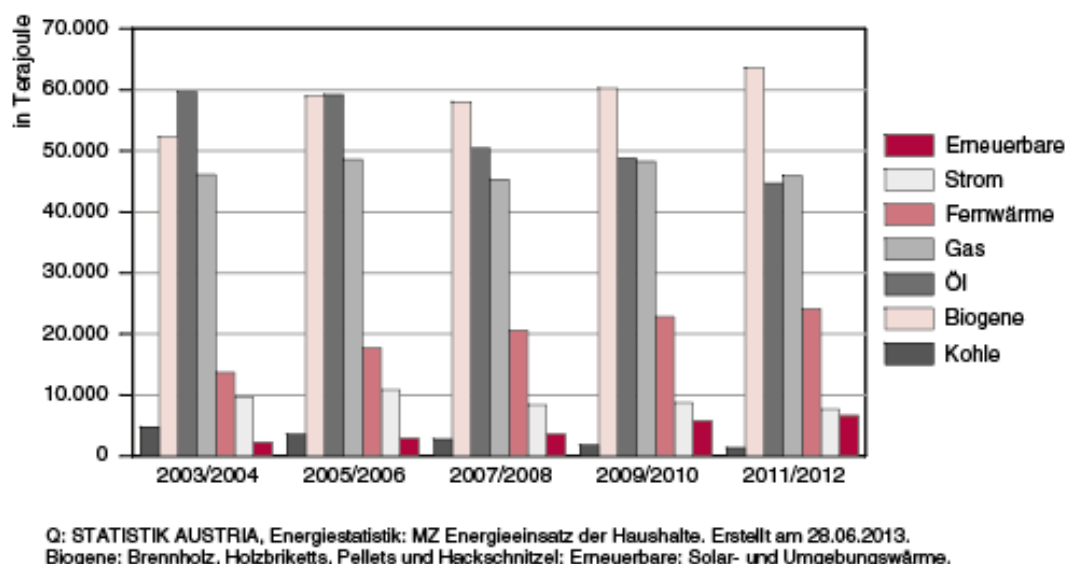


Abbildung 43: Energieeinsatz im privaten Haushalt

Quelle: http://www.statistik.at/web_de/wcmsprod/groups/r/documents/webobj/057393.gif, 25.10.2013, 20:15.

Ein Grund für die starke Abnahme von Ölheizungen liegt darin, dass viele dieser Heizungen ein hohe Betriebsdauer von 25 oder mehr Jahren erreicht haben. Bis Ende der Achtziger waren Ölheizungen sehr im Trend, vor allem wegen der einfachen Bedienung. Viele dieser alten Heizungen werden mittlerweile durch Pellets- oder Holzheizungen sowie durch Wärmepumpen ersetzt. Dies geschieht vor allem aufgrund des relativ teuren Brennstoffs Heizöl und dem immer mehr einsetzenden Bewusstsein gegenüber Umweltschutz und Nachhaltigkeit.

3.3.2 Installierte Wärmepumpen in Österreich, Stand 2011/12

Laut aktuellem Stand sind in Österreich 220.362 Wärmepumpen jeglicher Art installiert. Dazu waren im Vergleich, im Betrachtungszeitraum 2003/2004 nur 85.794 Geräte in Privathaushalten vorhanden. Umgerechnet entspricht das einer Steigerung von ca. 12,5 % pro Jahr. Wärmepumpen sind unter den verwendeten Heizungsarten eine der jüngsten Entwicklungen am Markt. Obwohl diese Technik auch in Kühlschränken und Klimaanlage verwendet wird, steigt die Akzeptanz dieser Heizungsart nur langsam, aber stetig. Oft wird die Wärmepumpe als Stromheizung assoziiert und mit hohen Betriebskosten aufgrund des elektrischen Stroms verbunden. Im Bereich der Warmwasserbereitung ist die Akzeptanz höher als zur Raumheizung.

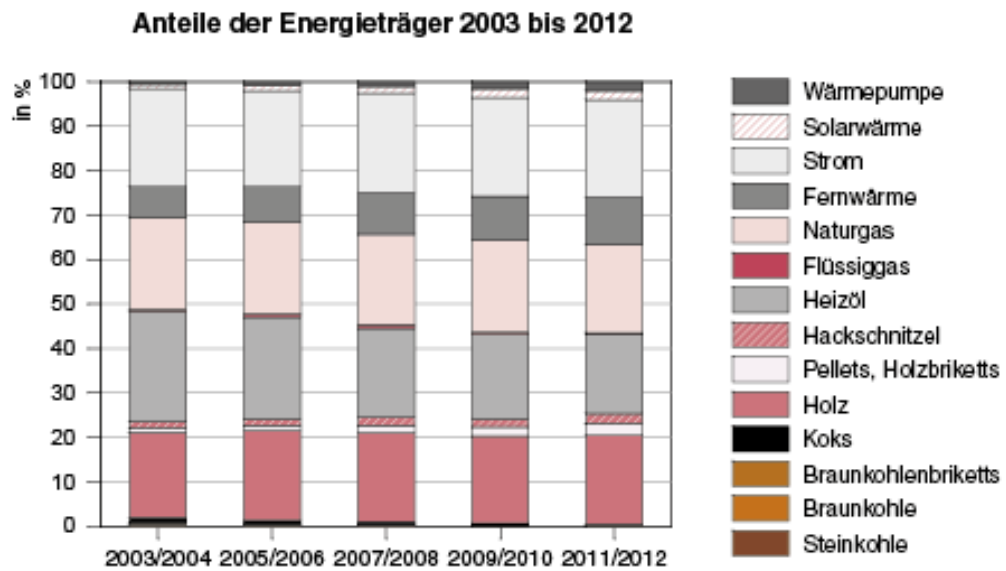
3.3.3 Mögliche Entwicklungen in den nächsten Jahren

Geschichtlich betrachtet, gibt es immer wieder Übergänge zwischen diversen Heizformen. Bis Ende der 50er Anfang 60er des 20. Jahrhunderts waren Kohleheizungen noch weit verbreitet. Da diese zur damaligen Zeit für eine hohe Smogbildung und gesundheitsgefährdende Luft im Winter verantwortlich waren, wurde nach und nach auf Ölheizungen umgestellt. Geschuldet den Ölkrisen wurden gerade im urbanen Raum ab den Achtziger Jahren Gasthermen immer moderner. Diese beanspruchen wesentlich weniger Platz als Ölheizungen und wurden direkt aus der Erdgasleitung gespeist. Da die Preise für den Brennstoff Heizöl immer weiter steigen, stellt sich seit Jahren eine Trendumkehr zu anderen Technologien ein. Durch neue Technologien am Biomassesektor, u.a. Pelletsheizungen, und die immer besser werdende Effizienz von Wärmepumpen, sind gerade im Neubaubereich Ölzentralheizungen die Ausnahme geworden.

Auch im Sanierungsbereich werden Ölheizungen gegen andere Technologien getauscht. So wie heute die Kohleheizung nur mehr eine Randerscheinung darstellt, wird vermutlich auch die Ölheizung in den nächsten Jahrzehnten zu einer werden. Dies setzt natürlich voraus, dass sich bestehende alternative Heizmethoden weiterentwickeln.

Andererseits könnte auch die Ölheizung eine Weiterentwicklung in ökologischer Weise erfahren. So wie heute auch Biodiesel in Fahrzeugen eingesetzt wird, ist dieser auch Bestandteil des Heizöls geworden. Würde dieser Anteil stark erhöht bzw. durch reinen Biodiesel oder Pflanzenöl ersetzt, hätte auch die Ölheizung einen grünen Abdruck. Ein Vor- und Nachteil der Ölheizung ist auch die Brennstoffbevorratung. Das Heizöl muss in Tanks gelagert und im Vorhinein bezahlt werden. Normalerweise bevorratet man Heizöl im Ausmaß mindestens einen Jahres. Dies hat im Gegensatz zum „on demand“ Bezug von Erdgas oder Elektrizität, welche nach periodischem Bezug abgerechnet werden, einen gewissen Sicherheitspolster in der Versorgung. Jedoch muss man dazu sagen, dass auch eine Ölheizung bei einem Stromausfall nicht funktioniert, da Pumpen und Regler stillstehen.

Gerade durch das Thema Klimawandel und aufgrund des extremeren Wetters findet auch ein Umdenken in der Bevölkerung statt, der Trend geht eindeutig in Richtung erneuerbarer Energien und somit auch in Richtung Wärmepumpen.



Q: STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik, MZ Energieeinsatz der Haushalte. Erstellt am 28.06.2013.

Abbildung 44: Anteile der Energieträger im privaten Haushalt

Quelle: http://www.statistik.at/web_de/wcmsprod/groups/r/documents/webobj/036842.gif, 2013-10-25, 20:58.

4 Fazit

In diesem Kapitel betrachten wir die ermittelten Ergebnisse aus dem Kapitel 3. Auch hier wird wieder darauf Rücksicht genommen, dass es sich hier nicht um eine Investitionsentscheidung eines Unternehmens handelt, sondern um Privatpersonen. Ich möchte mit den Entscheidungskriterien nach wirtschaftlichen, persönlichen und Umweltaspekten zeigen, wie sich die ermittelten Daten in die Entscheidungen einfließen können.

4.1 Entscheidung nach wirtschaftlichen Aspekten

Um eine Entscheidung nach der Wirtschaftlichkeit zu fällen, müssen wir die Rahmenbedingungen dazu definieren. Je nach dem, ob die statische oder die dynamische Berechnungsart gewählt wird, ergeben sich unterschiedliche Betrachtungsweisen.

4.1.1 Entscheidung nach der statischen Methode

Um eine geeignete, maximale Amortisationsdauer zu ermitteln, ist es in erster Linie wichtig, die maximale Nutzungsdauer zu kennen. Wäre die Amortisationszeit für eine Investitionsalternative länger als die Nutzungsdauer, wäre diese von vorne herein obsolet. Die Laufzeit der Zentralheizung wurde für beide Investitionen mit 15 Jahren festgelegt. Untersucht wurde, ob sich die Investition B „Hybridheizung“ gegenüber der am Investitionsanfang günstigeren Alternative A „Ölzentralheizung“ amortisiert. Da in allen drei oben durchgeführten Berechnungsmodellen das Ergebnis der Amortisationsrechnung stets gleich ist, kann es auch nur eine Entscheidungsmöglichkeit geben.

Die Familie Gesswagner legte als Maximalwert der Amortisationsdauer 11 Jahre fest. Der Grund dafür ist ein Risikozuschlag von 4 Jahren, da es sich um eine neuere Technologie handelt und Erfahrungswerte nicht in dem Umfang wie bei der Ölzentralheizung vorliegen. Begründet wird dies vor allem dadurch, dass das Haus bereits durch eine Ölheizung mit Wärme versorgt wurde und es dabei keine Probleme mit der Temperierung gab.

Das Ergebnis unserer Berechnung liegt mit einem Wert von 10,2 Jahren unter dem vorgegebenen Maximum t_{\max} von 11 Jahren.

Somit gilt: $t_B < t_{\max}$

Die Investitionsalternative Hybridheizung ist somit der Alternative A „Ölzentralheizung“ vorzuziehen.

Wie man in diesen Berechnungsvarianten leicht erkennen kann, ist die statische Amortisationsrechnung, wie alle statischen Methoden, nur bedingt für ein brauchbares Ergebnis geeignet. Statische Methoden sind als einperiodige Rechenmodelle nicht dafür geeignet, zukünftige Entwicklungen miteinzubeziehen.

Jedoch ist es unter weniger versierten Privatleuten gang und gäbe, nach einer Amortisationszeit zu fragen. Teilweise werden hier auch aufgeschnappte Informationen zusammengestoppelt. Dadurch kann es passieren, dass Endkunden durchaus eine Amortisation in 5 Jahren erwarten, da in dem Unternehmen (als Beschäftigter) dies eine Obergrenze darstellt, ohne jedoch zu wissen, warum.

4.1.2 Entscheidung mittels interner Zinsfußberechnung

Da sich mit den dynamischen Investitionsarten wesentlich genauere Vorhersagen ermitteln lassen, möchte ich diesen Punkt umfassender behandeln.

Entgegengesetzt zu den statischen Berechnungsmethoden, werden bei den dynamischen Investitionsrechnungen mehrperiodige Werte miteinbezogen. Dadurch kann man, wie oben berechnet, verschiedene Szenarios betrachten.

Von der Familie Gesswagner wurde eine Mindestverzinsung von 8% auf die Differenz der beiden Investitionsbeträge der Investitionen A und B festgesetzt. Dies beruht vor allem darauf, dass für den Hauskauf und die Sanierung neben dem Ersparten auch ein Bauspardarlehen aufgenommen werden muss. Umso höher die Anfangsinvestition der Heizung ist, umso höher ist auch das Darlehen. Da für ein Bauspardarlehen eine Kreditzinsobergrenze von 6% gilt, wäre dies ein absolutes Minimum. Als Risikozuschlag wurden weitere 2% angenommen, so kommt man in Summe auf die 8%.

Vergleicht man nun den geforderten Mindestzinssatz mit den errechneten Werten, entsteht ein klares Bild.

Sollte sich die preisliche Entwicklung für Energie so weiter darstellen wie bisher, ist die errechnete Verzinsung mit 17,13% bei weitem höher als die geforderten 8%. Daher ist nach dieser zukünftigen Entwicklung die Investition für eine Hybridheizung äußerst empfehlenswert.

Wird aber der elektrische Strom im Gegensatz zum Heizöl teurer, ist der errechnete interne Zinsfuß mit 7,12% niedriger als die geforderte Mindestverzinsung. In diesem Szenario ist die Investitionsalternative A „Ölzentralheizung“ die bessere Wahl.

Ist im Gegenzug eine Verteuerung des Heizöls zu erwarten, wäre der berechnete Zinssatz mit 19,92% eindeutig höher als die geforderten 8%. Somit ist die Investition B „Hybridheizung“ eindeutig vorzuziehen.

Wie man an den Ergebnissen betrachten kann, liegen die Betrachtungen aus dem Kapitel 3.2.1.2 und 3.2.3.2 mit 17,13% und 19,92% recht nahe beieinander, nur die Berechnung aus dem Abschnitt 3.2.2.2. weicht mit 7,12% stärker ab. Dies begründet sich vor allem darauf, dass der Brennstoff Heizöl EL, prozentual gesehen, teurer als der bezogene elektrische Strom wird. In der Betrachtung eines stärker steigenden Ölpreises ist das gesetzte Limit daher nicht allzu weit weg vom realen Umfeld. Ein übermäßiges Steigen des Heizölpreises gegenüber der prognostizierten Verteuerung aus dem Kapitel 3.2.3.2 ist eher nicht zu erwarten, da sich sonst die Bevölkerung vermutlich den Brennstoff nicht mehr leisten wird können.

4.2 Entscheidung nach persönlichen Aspekten

Die grundlegendste Frage für die Familie Gesswagner war folgende: Kann eine Hybridheizung das Einfamilienhaus auch im tiefsten Winter ausreichend mit Wärme versorgen? Bei der Ölheizung ist dies ja schon durch die alte Zentralheizung bewiesen.

Ein nicht zu unterschätzendes Kriterium gerade im Endkundenbereich sind Meinungen außenstehender, vermeintlicher „Experten“. Da man meistens persönlich nicht genügend Kenntnisse zur Heizungstechnik hat, hört man sich oft im Freundes- und Bekanntenkreis um. Leider kommen auch hier immer wieder Halbwahrheiten zu Tage, und es wird nach teilweise falschen Aussagen entschieden.

In diesem Falle hat die Familie Gesswagner jedoch sehr viele Informationen, vor allem von fachkundigem Personal eingeholt und beide Investitionsalternativen als wärmetechnisch geeignet bewertet.

Herr und Frau Gesswagner sind eher risikoneutral eingestellt. Daher entscheiden sie sich auch für den Berechnungsfall, wo die Preissteigerungen für Heizöl und elektrischen Strom zum ermittelten Zeitraum der letzten 10 Jahre gleich ausfallen. Aufgrund dessen ist die Entscheidung auf die Investitionsalternative B „Hybridheizung“ gefallen.

Wären die Personen jedoch risikoavers gegenüber dem el. Strom eingestellt, hätten wir das Problem, bei der statischen Berechnungsmethode ein Ergebnis für die Investition Hybridheizung und bei der dynamischen Methode ein Ergebnis für die Ölzentralheizung zu haben. Dies ist in diesem Falle jedoch nicht eingetreten.

4.3 Entscheidung nach Umweltaspekten

Entscheidet man nach Kriterien des Umweltschutzes, wäre in erster Sicht die Entscheidung eindeutig: Auf der einen Seite Heizöl, erzeugt aus fossilem Erdöl, und auf der anderen Seite „grüner“ Strom. Manche Stromlieferanten, so auch die Energie Burgenland, verkaufen tatsächlich nur Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Jedoch machen das bei weitem nicht alle Energieunternehmen. Ein großer Anteil des elektrischen Stroms wird aus Atomkraft, Kohle, Erdgas oder Erdöl gewonnen. Daher ist nicht immer eindeutig, ob die Energiequelle Strom wirklich sauberer ist. Aufgrund des vorherrschenden Strommixes ist es allerdings Fakt, dass der elektrische Strom tatsächlich umweltschonender ist als das Heizöl.

Theoretisch gäbe es auch noch die Möglichkeit, mit Bioheizöl (ident mit Biodiesel) die Ölzentralheizung zu betreiben. Allerdings sind hier die laufenden Kosten um einiges höher, und man braucht auch eine dementsprechende Umrüstung der Heizung und Leitungen. Auch zu beachten ist, dass biogene Treibstoffe in der Landwirtschaft mit Einsatz von dieselbetriebenen Maschinen hergestellt werden und meistens über lange Wege transportiert werden müssen.

Die Hybridheizung hat auch den Vorteil, dass man den benötigten „Brennstoff“ zu einem gewissen Teil selbst mittels Photovoltaikzellen erzeugen kann. Möchte man unabhängiger vom Stromlieferanten sein, kann man dementsprechend mehr PV-Paneele am Gebäude montieren und erzeugt sich so selbst mehr elektrischen Strom. Bei der Ölzentralheizung Heizöl einzusparen würde heißen, die Innenraumtemperatur senken zu müssen, anders wäre dies nicht zu verwirklichen.

5 Schlussbemerkung

Wie im vorhergehenden Kapitel 4 beleuchtet, kommt man zu einem eindeutigen Ergebnis. Die Entscheidungen richten sich, außer in einem Fall, immer auf die Investitionsalternative B „Hybridheizung“.

Daraus ergibt sich eine klare Empfehlung für die Familie Gesswagner für den Kauf einer Luftwärmepumpe mit Photovoltaikanlage. Diese ist für das soeben erworbene Einfamilienhaus bestens geeignet und in jeglicher Hinsicht die beste Entscheidung. Über die Nutzungsdauer hinweg wird man zudem analysieren können, ob die berechneten Werte für den Wärmebedarf des Gebäudes und die Effizienz der ausgewählten Wärmepumpe auch in der Praxis stimmen.

Gerade in wirtschaftlicher Hinsicht ist es eher unwahrscheinlich, aufgrund möglicher praktischer Berechnungsfehler bei obig genannten Punkten einen Nachteil gegenüber der Ölzentralheizung zu erreichen, da der wirtschaftliche Nutzen einer Hybridheizung bei weitem höher ist.

Literatur

**Antony/
Dürschner/
Remmers 2009**

Antony, Falk; Dürschner, Christian; Remmers, Karl-Heinz: Photovoltaik für Profis – 2. Auflage - Berlin: Verlag Beuth, 2009

**Artmann, Barth,
Mitterndorfer, Si-
mänder 2011**

Artmann, Maria; Barth, Thomas; Mitterndorfer, Manuel; Simänder, Günter: Kosten-Nutzen-Analyse von energetischen Gebäudesanierungen in Österreich. Wien: Austrian Energy Agency, 2011.

Becker 2012

Becker, Hans Paul: Investition und Finanzierung: Grundlagen der betrieblichen Finanzwirtschaft. – 5. Auflage – Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012.

**Brandstetter/
Fink/Hack-
stock/Riva 2006**

Brandstetter, Fink, Hackstock, Riva: Ausbildungsskriptum Solarwärme, arsenal research, 2006.

**Bundesamt für
Energie 2008**

Bundesamt für Energie: Handbuch Wärmepumpen: Planung, Optimierung, Betrieb, Wartung. Bern: Faktor Verlag AG, 2008.

**Danfoss GmbH
2008**

Danfoss GmbH: Handbuch Warmwasser-Fußbodenheizung. Offenbach, 2008.

**Danfoss GmbH
2006**

Danfoss GmbH: Kältetechnik, Einführung in die Grundlagen. Offenbach, 2006.

- Däumler/
Grabe 2007** Däumler, Klaus-Dieter; Grabe, Jürgen: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsberechnung. – 12. Auflage – Kiel: Verlag Neuen Wirtschafts-Briefe GmbH & Co. KG, 2007.
- Götze 2008** Götze, Uwe: Investitionsrechnung. – 6. Auflage – Berlin: Springer-Verlag, 2008.
- Held 2011** Held, Elmar: Das GC-Heizungshandbuch. – 2. Auflage – Stuttgart: Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co KG, 2011.
- Hoffmeister 2008** Hoffmeister, Wolfgang: Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse. – 2. Auflage – Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag, 2008.
- Ihle/Bader/Golla
2011** Ihle, Claus; Bader, Rolf; Golla, Manfred: Tabellenbuch Sanitär Heizung Klima/Lüftung. – 8. Auflage – Köln: Bildungsverlag EINS, 2011.
- Institut für Wärme
und Öltechnik 2012** Institut für Wärme und Öltechnik: Broschüre Heizöllagerung. Hamburg, 2012.
- Institut für wirtschaftliche Ölheizung 2009** Institut für wirtschaftliche Ölheizung: Öl-Brennwerttechnik. Wien, 2009.
- Kruschwitz 2009** Kruschwitz, Lutz: Investitionsrechnung. – 12. Auflage – München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009.

- Müller 2011** Müller, Werner: Investitionsrechnung, Finanzplanung, Finanzinstrumente. – 1. Auflage – Norderstedt: Verlag Books on Demand, 2011.
- Swep International AB 2002** Swep International AB: a technical handbook for refrigerant applications. Landskrona, 2002.
- Swep International AB 2002** Swep International AB: a technical handbook for heating applications. Landskrona, 2002.
- Viessmann Deutschland GmbH 2012** Viessmann Deutschland GmbH: Heizen mit Öl. Allendorf, 2012.
- Viessmann Deutschland GmbH 2011** Viessmann Deutschland GmbH: Moderne Öl-Brennwerttechnik für Modernisierung und Neubau. Allendorf, 2011.
- Zierhut 2011** Zierhut, Herbert: Installations- und Heizungstechnik- - 4. Auflage – Köln: Bildungsverlag EINS, 2011.

Anlagen

Angebot der Firma Cleen Solair für eine Hybridheizung

CLEEN SOLAIR GmbH
Industriegebiet 1
A-7011 Siegendorf



Erhart Kurz
Steinbruchweg 7
7051 GroßHöflein

ANGEBOT

Angebots-Nr.: 2013 - 260
Datum/Zeichen: 17.10.2013/COSY
Kunden-Nr.: 3346
Kunden-Tel.: 0699-10643592
Kunden-Email.: erhart.kurz@gmail.com

Heizungsanlage + Warmwasser + Photovoltaik

Wir danken für Ihre Anfrage und erlauben uns Ihnen, unter Zugrundelegung unserer weiter unten abgedruckten allgemeinen Geschäftsbedingungen, nachfolgendes Angebot zu unterbreiten:

Pos.	Menge	Einheit	Artikel/Beschreibung	Einzelpreis	Gesamt
			Heizung		
1	1		CLEEN Heizungsset patents SOLO 15-inverter ++ bestehend aus patents SOLO 15 INVERTER Hocheffizienz-Wärmepumpe zur Niedertemperatur-Raumheizung und Kühlung, Nennwärmeleistung nach NF-PAC: 16,6 kW, COP 5, Kältemittel R410A, max. Vorlauftemperatur 55°C, inkl. witterungsgeführtem Raumthermostat, Ausführung zur Aussenaufstellung, Schalldruckpegel Lp 38/42 dBA, Abmessungen 1335 x 1270 x 390 mm, 143 kg CLEEN Secure 1.0 "Frostschutteinrichtung, CLEEN Patent-Nr. 509723, Diese Innovation garantiert, dass alle Anlagenteile, die der Witterung ausgesetzt sind, auch bei mehrtägigen Stromausfällen nicht einfrieren können. Nur dadurch ist die maximale Anlageneffizienz gewährleistet, die auf Frostschutzmittel und zusätzliche Wärmetauscher sowie zusätzliche Pumpen verzichtet werden kann. CLEEN Anlagen sind daher bei 100%iger Anlagensicherheit die effizientesten Systeme am Markt."	9.098,00	9.098,00
2	1		CLEEN Spülweiche Hydraulische Weiche als Übergang Wärmepumpe auf Abgabesystem und leichte Inbetriebnahme	120,00	120,00
3	1		CLEEN AG35 Sicherheitsventil + Ausdehnungsgefäß 35 Liter, da sich Heizungswasser beim Erwärmen ausdehnt ist es notwendig, eine Einrichtung zu schaffen, die dies betriebssicher ermöglicht.	191,67	191,67
4	1		CLEEN HC-Montage Montagepauschale für Hocheffizienz-Wärmepumpe inkl. Frostschutteinrichtung, Material inkl. Arbeitszeit für einen Maximalabstand von 10m Aussengerät bis Technikraum, exkl. CLEEN AG50	1.608,82	1.608,82
5	1		CLEEN AG-Montage Montagepauschale für CLEEN AG50, ohne zusätzliche Rohrlängen im Technikraum, Material inkl. Arbeitszeit	70,00	70,00

Cleen Solair GmbH, Industriegebiet 1, A-7011 Siegendorf, Telefon: +43 (0) 2687 42017, Mail: office@cleen.at
Firmensitz: 7011 Siegendorf, Firmenbuch: LG Eisenstadt FN 347338 T, UID Nummer: ATU 65760946
Es gelten ausschließlich unsere allgemeinen Geschäftsbedingungen.

1/6

6	1	CLEEN Spülweiche Montage Montagepauschale für CLEEN Spülweiche, ohne zusätzliche Rohrleitungen im Technikraum, Material inkl. Arbeitszeit	52,50	52,50
7	1	CLEEN HWP Elektro Anschluss-Paket Verlegung aller notwendige elektrische Anschlussleitungen, max. 12 m Kabellänge, 5x4,0 mm ² Querschnitt, inkl. 3x25A Leistungsabsicherungen und FI-Schutzschalter, inkl. 30m BUS-Kabel für die Steuereinheit, inkl. Material und Arbeitszeit	1.050,00	1.050,00
8	2	CLEEN 50 Fahrtkostenpauschale für An- und Abreise / Tag bis 50 km von Siegendorf	75,00	150,00
Zwischensumme Heizung				12.340,99
Warmwasser				
9	1	CLEEN T300 300 liter Hocheffizienz-Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung bis -5°C Lufttemperatur, Nennwärmeleistung nach EN255: 1,65 kW, COP 3,70, Kältemittel R134A, Zusatzheizung 1,5 kW, max. 60°C, inkl. elektronischer Regelung, Urlaubs- und Legionellenschutzprogramm, Opferanode, Schalldruckpegel Lp 36 dBA, Abmessungen Durchm. 700 x 1622 mm, 135 kg	2.187,50	2.187,50
10	1	CLEEN T-Montage SA Montagepauschale für Warmwasserwärmepumpe im Austausch gegen einen bestehenden Altspeicher, Material inkl. Arbeitszeit für einen Maximalabstand von 2m Wärmepumpe bis bestehender Anschlußpunkt, (Kaltwasser, Warmwasser und Abfluss für Boilersicherheitsgruppe bestehend, Kondensatablauf in Kanister bauseits, exkl. Entsorgung Altspeicher) Boilersicherheitsgruppe komplett neu	490,00	490,00
11	1	CLEEN 50 Fahrtkostenpauschale für An- und Abreise / Tag bis 50 km von Siegendorf	75,00	75,00
Zwischensumme Warmwasser				2.752,50
Photovoltaikanlage 1.17 kWp				
12	1	Generator Basic 72 (390 Wp) Besteht aus: 2 Stk. CLEEN PVM-195 Photovoltaikmodul monokristallin, 72 Zellen, Nennleistung 195Wp +3%/-0%, passend zu ENECYSYS DUO360-72, 808x1580x46mm, 16kg, Belastbarkeit 540kg/m ² , Hagelbeständig 25mm bei 80km/h 1 Stk. CLEEN PVDUO360-72, Micro Wechselrichter Fabrikat ENECYSYS, passend für 2 Stk. PVM-190, 195,200 garantierter Wirkungsgrad von 95% (-40 - +85°C), Ausführung Aluminium, IP66, zur Montage am Dach, patentierte Ausführung I Montagematerial: 2 Stk. MAGE Mounting Rail Large, 40x60, Länge 1900	670,00	670,00

Cleen Solair GmbH, Industriegebiet 1, A-7011 Siegendorf, Telefon: +43 (0) 2687 42017, Mail: office@cleen.at
Firmensitz: 7011 Siegendorf, Firmenbuch: LG Eisenstadt FN 347336 T, UID Nummer: ATU 65760946
Es gelten ausschließlich unsere allgemeinen Geschäftsbedingungen.

2/6

		<p>1 Stk. CLEEN PVAC1,5-5 3 Stk. MAGE Tegra Fixverbinder für Wechselrichterbefestigung 2 Stk. MAGE Befestigungsschraube für Wechselrichterbefestigung, M8x25 6 Stk. MAGE Kabelbinder UV-beständig 4 Stk. MAGE Modul Abrutschsicherung, M8x16+Sperrzahnmutter 4 Stk. MAGE Abdeckkappe PP, 40x60 MR Large 4 Stk. MAGE Rahmen Randklemmen 2 Stk. MAGE Rahmen Mittelklemmen, 45/48mm</p>		
13	2	<p>Generator Extension 72 (390 Wp) Bestehend aus:</p> <p>2 Stk. CLEEN PVM-195 Photovoltaikmodul monokristallin, 72 Zellen, Nennleistung 195Wp +3%/-0%, passend zu ENECSYS DUO360-72, 808x1580x48mm, 16kg, Belastbarkeit 540kg/m2, Hagelbeständig 25mm bei 80km/h 1 Stk. CLEEN PVDUO360-72, Micro Wechselrichter Fabrikat ENECSYS, passend für 2 Stk. PVM-190, 195, 200 garantierter Wirkungsgrad von 95% (-40 - +85°C), Ausführung Aluminium, IP66, zur Montage am Dach, patentierte Ausführung I Montagematerial: 2 Stk. MAGE Mounting Rail Large, 40x60, Länge 1900 1 Stk. CLEEN PVAC1,5-5 1 Stk. CLEEN PVKAC1,5-2 1 Stk. CLEEN PVEAC 1 Stk. CLEEN PVVAC 3 Stk. MAGE Tegra Fixverbinder für Wechselrichterbefestigung 2 Stk. MAGE Befestigungsschraube für Wechselrichterbefestigung, M8x25 6 Stk. MAGE Kabelbinder UV-beständig 4 Stk. MAGE Modul Abrutschsicherung, M8x16+Sperrzahnmutter 2 Stk. MAGE Abdeckkappe PP, 40x60 MR Large 4 Stk. MAGE Rahmen Mittelklemmen, 45/48mm 2 Stk. MAGE Tegra Fix Schienenverbinder FIX für MR Eco, Medium Large</p>	700,00	1.400,00
14	1	<p>Mounting Roof / Formziegel Basic Bestehend aus:</p> <p>6 Stk. MAGE Aludachhaken 24er, frontale Anbindung 12 Stk. MAGE Tellerkopfholtschraube 8x100mm 24 Stk. MAGE Unterlagscheiben 3mm, rot</p>	101,00	101,00
15	2	<p>Mounting Roof / Formziegel Extension Bestehend aus:</p> <p>4 Stk. MAGE Aludachhaken 24er, frontale Anbindung 8 Stk. MAGE Tellerkopfholtschraube 8x100mm 16 Stk. MAGE Unterlagscheiben 3mm, rot</p>	67,00	134,00
16	1	<p>PV BOX < 15 kWp Feuchtraum, Aufputz PV-Box, IP65, vormontiert für den Anschluss einer CLEEN PV-Anlage < 15 kWp max Leistung, bestehend aus:</p> <p>1 Stk. CLEEN PV-ENS BISI, Komponente zur Überprüfung der Netzstromqualität nach VDE0126-1-1 und VDE AR4501 2 Stk. CLEEN PV-Schutz 15, 3 Phasen-Schutz für CLEEN ENS BISI bis</p>	912,00	912,00

		max. 15 kWp installierte Gesamtleistung, Fabrikat Siemens oder gleichwertig 1 Stk. CLEEN PV-Überspannungsableiter AC 3-Phasen Wechselstromüberspannungsableiter für den Einsatz von CLEEN Photovoltaikanlagen		
17	1	CLEEN Montagearbeitszeit 6DP Arbeitszeit für Montage PV-System dachparallel 1Stk. CLEEN PV6DP, Schnittstelle zu Elektriker Splitzboden bei Glebedach, oder am Dach Aussen	442,40	442,40
18	1	CLEEN 50 Fahrtkostenpauschale für An- und Abreise / Tag bis 50 km von Siegendorf	75,00	75,00
Zwischensumme Photovoltaik				3.734,40
			Summe:	18.827,89 €
			abzüglich 14.00% Rabatt :	- 2.635,90 €
			Summe / . Rabatt :	16.191,99 €
			zuzüglich 20% MwSt. aus 16.191,99 € :	+ 3.238,40 €
			Gesamtbetrag :	19.430,39 €

In unserem Angebot nicht enthalten sind:

- Grab-, Stemm-, Bohr-, Maurer-, und Verputzarbeiten
- Elektroarbeiten wie elektrische Zuleitungen, Einbindungen in Schaltschränke, Überspannungsableitungen und Blitzschutz sowie alle weiteren Arbeiten welche durch einen konzessionierten Elektriker durchzuführen sind,
- Erstellung von Einreichunterlagen und Anträgen sowie deren Einreichungen oder Weiterleitung bei bzw. an Behörden, Förderstellen oder Energielieferanten, es sei denn, derartige Lieferungen und Leistungen sind ausdrücklich in diesem Angebot schriftlich angeführt.

Wir weisen besonders auf die unterschiedlichen Richtlinien von Förderstellen hin und bitten Sie, sich bei der für Sie zuständigen Förderstelle genau beraten zu lassen, sollten Sie um Förderung ansuchen.

Es können Zusatzschritte notwendig werden, damit Anlagen den Richtlinien zur Förderung entsprechen, welche in diesem Angebot nicht enthalten sind.

Liefertermin:	nach Vereinbarung, frühestens 4 Wochen ab Bestellung
Zahlungsziel:	30% Anzahlung bei Bestellung, 60% vor Lieferung, 10% bei Übergabe
Zahlungsart:	Banküberweisung oder Bar, ohne jeden Abzug
Lieferung:	frei Haus im Zuge der Montage
Ihr Betreuer:	Herbert Perner, +436502511864
Monatliche Rate:	194.30 €

Wir freuen uns auf Ihren Auftrag!
Mit freundlichen Grüßen
Herbert Perner

Unsere Kostenvoranschläge bleiben, wenn nicht anders schriftlich vereinbart, 14 Tage ab Ausstellungsdatum gültig (Intum vorbehalten); allfällige Lohn-, Tarif- oder Gebührenerhöhungen in diesem Zeitraum sind anteilmäßig (sowohl preiserhöhend, als auch preismindernd) in Anrechnung zu bringen.

Cleen Solair GmbH, Industriegebiet 1, A-7011 Siegendorf, Telefon: +43 (0) 2687 42017, Mail: office@cleen.at
Firmensitz: 7011 Siegendorf, Firmenbuch: LG Eisenstadt FN 347338 T, UID Nummer: ATU 65760646
Es gelten ausschließlich unsere allgemeinen Geschäftsbedingungen.

4/6

CLEEN SOLAIR GmbH
Industriegebiet 1
A-7011 Siegendorf



Die an unser Unternehmen durch Unterzeichnung des Kostenvorschlages gerichtete Bestellung ist als Angebot zu werten, das von unserem Unternehmen durch ausdrückliche Erklärung oder durch Erfüllung angenommen wird. Die Frist zur Annahme des Angebots beträgt 14 Tage.

Unterschrift

Cleen Solair GmbH, Industriegebiet 1, A-7011 Siegendorf, Telefon: +43 (0) 2687 42017, Mail: office@cleen.at
Firmensitz: 7011 Siegendorf, Firmenbuch: LG Eisenstadt FN 347338 T, UID Nummer: ATU 65760646
Es gelten ausschließlich unsere allgemeinen Geschäftsbedingungen.

5/6

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist, insbesondere dass ich alle Stellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen worden sind, durch Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Weiterhin erkläre ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Großhöflein, November 2013

Ing. Erhart Kurz